

# I. Ueber die Seitenentladung der elektrischen Batterie; von Peter Rieffs.

(Auszug aus einer akademischen Abhandlung.)

Auf eine Anfrage eines Committee der englischen Marine (1840) über die Natur der Seitenentladung antwortete Faraday: er kenne keine Seitenentladung, die etwas Anderes wäre, als eine Ablenkung und Theilung des Hauptstromes, die man durch eine vollkommene Hauptschließung vermeiden könne<sup>1)</sup>. Diese Meinung des grossen Naturforschers erscheint nicht ganz ungerechtfertigt, wenn man die Untersuchungen näher betrachtet, die seit 80 Jahren über die Seitenentladung angestellt worden sind. Ueberall sind übermächtig starke Ladungen der Batterie gebraucht, der Funke ist in grosser Nähe der geladenen Fläche erzeugt worden; es wurde nicht dafür gesorgt, äussere Belegung und Schließungsbogen vollkommen zur Erde abzuleiten, und endlich ist keine durchgängig gut leitende Schließung angewandt worden. Frühere Erklärungen der Erscheinung machen diese Unvollkommenheit der Schließung zur Bedingung. Biot giebt sie zwar im *Traité* nicht wörtlich zu, aber er hat sie in der, seiner Erklärung beigegebenen Abbildung gezeichnet, indem er den grössten Theil des Schließungsbogens aus einer schlaffen Gliederkette bestehen lässt. Dafs dies nicht zufällig sey, beweist die Aen-

1) *He was not aware of any phenomenon, called lateral discharge, which was not a diversion or division of the primary current and that all liabilities to a diversion of the main charge would decrease in proportion to the capability and goodness of the primary conductor. Annals of electricity Vol. V. p. 7.*

derung seiner Erklärung in den spätern Ausgaben des *Précis*. Eine Entladung aber, welche die Zwischenräume in den losen Gliedern einer Kette zu durchbrechen hat, seitlich abspringen zu sehen, hatte nichts Auffallendes. Ebenso wenig nöthigte der Fall, wo der Entladungstrom einen dünnen Drath verläßt, um auf einen, von demselben getrennten, dickeren überzugehen, zur Annahme einer eigenthümlichen Wirkung der Entladung. — Ich habe mich daher nicht darauf beschränken dürfen, die bereits vorliegenden Versuche über die Seitenentladung fortzusetzen, ich hatte das Vorhandenseyn derselben erst aufzuzeigen. Nachdem sich ergeben hatte, daß auch die schwächste Entladung der Batterie, die in der ganz metallischen Schließung keine wahrnehmbare Erwärmung hervorbringt, dennoch eine Seitenentladung erzeugt und daß diese ihre eigenen Gesetze befolgt — war mir das weitere Ergebniss nicht minder überraschend, daß nämlich, ganz im Gegensatze zu der oben angeführten Behauptung, eine Ablenkung und Theilung des Entladungsstromes erst durch das Vorangehen einer Seitenentladung möglich gemacht wird. Im Laufe der Untersuchung hatte ich Gelegenheit, ein Gesetz über die Schlagweite der strömenden Elektrizität abzuleiten, das mir für die Elektrizitätslehre im Allgemeinen von Wichtigkeit zu seyn scheint.

#### I. Versuche über die Seitenentladung.

Um diese Versuche durch keine Nebenwirkung stören zu lassen, waren die Vorsichtsmafsregeln geboten: Anwendung möglichst schwacher Ladungen der Batterie, hinlängliche Entfernung des jedesmaligen Prüfungsinstruments von der Elektrisirmaschine und den geladenen Flächen der Batterie, feste Verbindung der einzelnen Stücke des Schließungsbogens und vollkommene Ableitung desselben zur Erde. Eine genaue Beschreibung des unveränderlichen Theiles des angewandten Schließungsbogens dürfte deshalb nicht überflüssig seyn. Der Schließungsbogen geht von der nahe 4zölligen Messingkugel aus, in welche die Drähte der ein-

zeln Batteriefaschen eingreifen und die während der Ladung durch einen beweglichen Arm mit dem 30 Zoll entfernten Conductor der Maschine (einer 5 zölligen Kugel) verbunden ist. Eine gekrümmte Messingröhre, 24,1 par. Zoll lang,  $4\frac{1}{6}$  Linie dick, geht von der Batteriekugel nach unten und endigt in eine Kugel, auf welche die Kugel des Entladungsapparates aufschlägt. Es folgt im Schließungsbogen der Messingstab des Entladungsapparats, 9 Zoll lang  $3\frac{1}{3}$  Linie dick, das Kugelcharnier, um das sich derselbe dreht und dann ein aufwärts gehender Messingdraht, 22,2 Zoll lang,  $1\frac{7}{8}$  Lin. dick, der in einem mit Schraubenverbindungen versehenen isolirten Gestelle endigt. In gleicher Höhe mit diesem und 25 Zoll von ihm entfernt, befindet sich ein zweites Gestell, das einen Messingstab trägt, 5,8 Zoll lang,  $3\frac{1}{2}$  Lin. dick, an dem ein verticaler mit den Gasröhren des Hauses verbundener Kupferstreifen aufgehängt ist. Dieser Kupferstreifen,  $13\frac{1}{2}$  Lin. breit  $\frac{1}{4}$  Lin. dick, wird durch eine Feder gegen den  $1\frac{1}{2}$  Lin. dicken Kupferdrath gedrückt, der von dem Metallboden der Batterie zu der Maafsflasche geht. Es gehören vom Kupferstreifen 32,3, von dem Draht  $14\frac{1}{2}$  Zoll zum Schließungsbogen. Diefs sind die unveränderlichen Stücke des Schließungsbogens; das veränderliche Stück desselben, das Schließungsdraht oder *Stammdraht* heissen soll, wird mit seinen Enden in den beiden erwähnten Gestellen befestigt. Bei dem kürzesten Schließungsdrahte, der aus dickem Messingdraht von  $24\frac{1}{2}$  Zoll Länge bestand, mißt die Länge des ganzen Schließungsbogens von der Batteriekugel bis zum Batterieboden nahe 138 Zoll.

Um die Seitenentladung zu Stande zu bringen, wird an dem *Stammdrahte*, winkelrecht gegen denselben, das Ende eines Drahtes befestigt, der *Astdraht* heissen soll. (Unter Zweigdraht wird ein Draht verstanden, der mit beiden Enden am Stamme befestigt ist.) Zur Befestigung des Astes benutzte ich eine doppelte Schraubenklemme, deren Bohrungen winkelrecht auf einander stehen. Das freie Ende des Astes war mit der einen Kugel eines Funkenmikrometers verbunden, dessen Vernier die Entfernung der Kugeln di-

rect bis 0,02 par. Lin. angab. Mit der zweiten Kugel war das Ende eines Drahtes verbunden, der *Seitendraht*, der in der Verlängerung des Astdrahtes lag. Man hat durch diese Einrichtung das Schema eines horizontal ausgespannten Drahtes (des Stammdrahtes) und eines winkelrecht an ihm befestigten Drahtes, letzterer durch einen Zwischenraum in zwei Stücke (den Ast- und Seitendraht) getheilt. (Siehe Fig. 1. Taf. II.)

Ast- und Seitendraht wurden mit einander verbunden, und das Ende des letztern an dem Knopfe eines,  $5\frac{1}{2}$  Fufs von dem Stammdrahte entfernten, Goldblattelektroskops befestigt. Als die Entladung der Batterie durch den Stammdraht geschah, zuckten die Blätter des Elektroskops; wurde dasselbe mit einem Säulenelektroskope vertauscht, so zuckte das Goldblatt bei der Entladung stets nach derselben Polplatte, positive Elektrizität anzeigend, die hier (wie weiterhin) zur Ladung der Batterie gebraucht wurde. Ein empfindliches Luftthermometer (mit Platindraht von rad. 0,0185 Lin.) wurde in den Seitendraht eingeschaltet; es wurde keine Erwärmung desselben bemerkt bei Entladungen solcher Stärke, die ich bei diesen Untersuchungen nicht zu überschreiten gesonnen war. Das Ende des Seitendrahts wurde durch eine Platinspitze verlängert, die auf einem isolirten mit Jodkaliumlösung genähten Papiere stand; eine zweite Platinspitze stand von der ersten 1 Lin. entfernt, und war mit einem isolirten Kupferdrahte verbunden. Es wurde keine Spur von Zersetzung bei der Entladung bemerkt. Das Prüfungsmittel, das ich bei dem Nebendrahte angegeben <sup>1)</sup>, nämlich durch das Ende desselben auf Pechplatten Staubfiguren zu bilden, habe ich hier nicht angewandt. Während diefs Mittel dort nützlich geworden war, die von mehreren Seiten in Frage gestellte Unveränderlichkeit der Richtung des Nebenstroms darzulegen, erschien es bei der Seitenentladung unnütz, für welche ein solcher Zweifel nicht besteht. Ebenso wenig habe ich versucht, mit dem Seitendrahte Stablnadeln zu magnetisiren, da kein Resultat die-

1) Poggendorff's Ann. Bd. 51, S. 351.

ses Versuches eine Frage über die Seitenentladung zu entscheiden geeignet seyn konnte.

Der Astdraht wurde von dem Seitendrahte durch die Kugeln des Funkenmikrometers getrennt. Ich bemerke, daß hier und überall in der Folge die Drähte, wenn sie nicht sehr dünn waren, nicht unmittelbar in den Schraubenklemmen des Mikrometers befestigt wurden, da sie sonst durch Gewicht und Starrheit die sichere Einstellung der Kugeln verhindern konnten, sondern daß zwischen dieselben und das Mikrometer kleine Spiralfedern eingeschoben waren, die aus einem  $\frac{1}{8}$  Lin. dicken, 7 Zoll langen, gut ausgeglühten Kupferdrahte bestanden. Die Entfernung der Kugeln betrug hier 1 bis 4 Zehntellinie. Als eine hinlängliche Elektrizitätsmenge aus der Batterie durch den Stammdraht entladen wurde, erschien zwischen den Kugeln der allen Beobachtern der Seitenentladung bekannte Funke. Nach demselben erwies sich der ganze Seitendraht elektrisch. Das Ende desselben, an ein Säulenelektroskop gehalten, brachte das Goldblatt desselben zum Anschlagen an die Polplatte und zwar mit positiver, derselben Elektrizität, mit der die Batterie geladen war. An ein Goldblattelektroskop gehalten, brachte das Ende des Seitendrahtes die Goldblätter zu einer Divergenz mit positiver Elektrizität, die 5 bis 10 Grade betrug. Größere Divergenzen traten ein, wenn der Seitendraht während der Entladung mit dem Elektroskope verbunden war. Das Ende des Drahtes wurde an der obern dreizölligen Platte eines Condensators mit Glasplatte befestigt; nach der Entladung war die Platte mit positiver Elektrizität geladen, die am Elektroskope eine Divergenz von 25 bis 40 Grade hervorbrachte. Hieraus folgt, daß in der Seitentladung einer mit positiver Elektrizität geladenen Batterie eine Bewegung von positiver Elektrizität von dem Aste zum Seitendrahte stattfindet.

Die Divergenz des mit dem Ende des Seitendrahtes verbundenen Elektroskops ist eine in hohem Grade wandelbare Erscheinung. Bei anscheinend identischen Versuchen sieht man häufig die Divergenzen vom Einfachen bis Vierfachen

wechseln, und es kommt nicht selten vor, daß der Seitendraht fast ganz unelektrisch bleibt. Läßt man den Apparat ungeändert und steigert die Elektrizitätsmenge der Batterie, so ist damit keinesweges ein Steigen der Divergenzen bestimmt. So fand ich einmal, bei Anwendung der Elektrizitätsmengen 14, 15, 16, die Divergenzen des Elektroskops 20, 13, 5 Grad, ein anderesmal für die Elektrizitätsmengen 16, 17, 18 die Divergenzen  $15^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$ . Änderte ich die Entfernung des Astes von dem Seitendrahte, und damit die Länge des überspringenden Funkens, wodurch zugleich eine Aenderung in der Ladung der Batterie geboten wurde, so gab der längere Funke nicht immer die größere Divergenz. So fand ich z. B. in einer Versuchsreihe

bei der Funkenlänge	0,1 Lin.	die Divergenz	10 bis	$20^{\circ}$
- - - - -	0,2 - - - -	- - - -	0 -	20
- - - - -	0,4 - - - -	- - - -	5 -	20
- - - - -	0,7 - - - -	- - - -	10 -	20

Trotz dieser unregelmäßigen Divergenzen wurde eine bestimmte Abhängigkeit der Funkenlänge von der Ladung der Batterie bemerkt. Die Divergenzen, obgleich von der Seitenentladung herrührend, hängen mit dieser nur in loser Weise zusammen, die sich leicht angeben läßt. Der Seitendraht, der während der Entladung der Batterie von dem Aste, wie dieser vom Stamme, elektrisch gemacht wird, wird nach der Entladung von demselben wieder größtentheils entladen. Der Funke zwischen Ast- und Seitendraht ist ein doppelter, von der Bewegung derselben Elektrizitätsart nach entgegengesetzten Richtungen herrührend. Priestley hatte denselben Schluss aus der, gegen den Glanz des Funkens unverhältnißmäßig geringen, Elektrisirung des Seitendrahtes gezogen. Die Entladung des Seitendrahtes ist nach Umständen, welche die Seitenentladung nicht ändern, mehr oder weniger vollständig. Sie kann absichtlich unvollständig gemacht werden, wenn man das Ende des Drahtes mit einer Condensatorplatte verbindet. Es ist daher bei dem Studium der Seitenentladung die Beobachtung der

Divergenz des Elektroskops unnütz, wenn man sie nicht, wie ich es gethan, zur gelegentlichen Unterstützung des Auges bei ungünstiger Stellung des Funkenmikrometers benutzen will. Eine Divergenz des Elektroskops setzt stets einen Funken voraus, aber nicht umgekehrt.

Zur Beurtheilung des Seitenstromes blieb also nur die Schlagweite übrig, dafs heisst die grösste Entfernung des Astes vom Seitendrahte, bei welcher ein Funke erschien. Diese Schlagweite giebt aber kein Maafs der in Bewegung gesetzten Elektricitätsmengen; ich werde deshalb für den Seitenstrom auch ferner die Bezeichnung *Seitenentladung* beibehalten und diese gröfser oder kleiner nennen, je nachdem sie eine längere oder kürzere Luftschicht zu durchbrechen fähig ist. Um die Aenderung der Seitenentladung durch verschiedene Anordnung ihrer Leiter zu erfahren, hätte ich Batterie und deren Ladung ungeändert lassen und mit dem Funkenmikrometer in jedem Falle die Schlagweite aufsuchen müssen. Diese Methode ist aber ebenso beschwerlich als ungenau, da häufig die Fehler beim Einstellen des Mikrometers wesentliche Unterschiede verdecken. Es wurde deshalb zuerst die Abhängigkeit der Schlagweite  $x$  der Seitenentladung von der Elektricitätsmenge  $q$  und der Flaschenzahl  $s$  der Batterie bestimmt. Zahlreiche Versuche gaben ohne eine einzige Ausnahme das Gesetz

$$x = a \left( \frac{q}{s} \right)^2$$

*Die Schlagweite der Seitenentladung ist proportional dem Quadrate der Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität.*

Nun konnten die Versuche mit beliebigen Ladungen angestellt, und die zu vergleichenden auf dieselbe Ladung reducirt werden. Die Bestimmung von  $a$  ist sehr zeitraubend; leicht ausführbar und hinlänglich genau die von  $\frac{s}{\sqrt{a}}$ , indem für im Voraus gewählte Schlagweiten die kleinste Elektricitätsmenge gesucht wird, die eine Seitenentladung liefert. Die Versuche können dann immer so eingerichtet werden, dafs der Beobachtungsfehler, der nahe bis 1 gehen

kann, das Resultat nicht wesentlich beeinträchtigt. Ich habe in den folgenden Versuchen 3 Flaschen angewendet für die Constante  $\frac{3}{\sqrt{a}} = b$  das Mittel aus mehreren Beobachtungen genommen und die Berechnung der Elektrizitätsmengen nach  $q = b\sqrt{x}$  neben die beobachteten Mengen gesetzt. Die Constante  $b$  giebt die Elektrizitätsmenge, die aus 3 Flaschen entladen, eine Seitenentladung von 1 Linie Schlagweite liefert; die Stärke der Seitenentladung wird also mit  $b$  im umgekehrten Sinne variiren.

Einfluß des Seiten-, Ast- und Stammdrahtes auf die Seitenentladung.

*Länge des Seitendrahtes.* Die eine Kugel des Mikrometers war mit dem Stamme durch einen  $3\frac{1}{2}$  Zoll langen Draht verbunden, während die andere einen kupfernen Seitendraht ( $\frac{3}{8}$  Lin. dick) von verschiedener Länge erhielt. Die Elektrizitätsmenge wurde durch eine Maafsflasche bestimmt, deren Kugeln  $\frac{1}{2}$  Lin. von einander entfernt waren.

Länge des Seitendrahtes.	Schlagweite $x$ .	Elektrizitätsmenge		$(q = b\sqrt{x})$ Constante $b$ .
		beobacht. $q$ .	berechn.	
7 Zoll	0,1 Lin.	20	19,9	62,9
	0,2	28	28,1	
56	0,1	12	11,8	37,3
	0,2	16	16,7	
	0,3	20	20,4	
160,6	0,1	10,5	10,3	32,5.
	0,2	14	14,5	
	0,4	21	20,6	

Eine weitere Verlängerung des Seitendrahtes bis 328 Zoll brachte keine wesentliche Aenderung der Entladung hervor. Die Seitenentladung nimmt also mit Verlängerung des Seitendrahtes an Stärke zu, aber nur bis zu einer bestimmten Gränze. Bei constanter Ladung der Batterie verhalten sich die Schlagweiten umgekehrt wie die Quadrate der Constante  $b$ . Hat man bei einem Seitendrahte von 7 Zoll Länge die Seitenschlagweite 1 erhalten, so läßt sich

diese, wie man sieht, durch Verlängerung des Drahtes auf 3,75, aber nicht weiter, steigern.

*Länge des Astdrahtes.* Der Ast wurde, so weit möglich, auf Null gebracht, indem der Zapfen, auf dem die eine Kugel des Mikrometers steht, unmittelbar in dem Stamme des Schließungsbogens angebracht wurde. Als Seitendraht diente hier und überall in der Folge der 160,6 Zoll lange Kupferdraht. Nach Untersuchung der Schlagweite wurde dann das Mikrometer durch einen  $\frac{1}{6}$  Lin. dicken Kupferdraht mit dem Stamm verbunden und die Länge dieses Drahtes verändert.

Länge des Ast- drahtes.	Schlagweite x.	Elektritätsmenge		$(q = b \sqrt{x})$ Constante b.
		beobacht. q.	berechn.	
0	0,1 Lin.	8,5	8,1	25,6
	0,2	11	11,1	
	0,4	16	16,2	
7 Zoll	0,1	9	8,8	27,9
	0,2	12	12,5	
	0,4	18	17,6	
61	0,1	10,5	10,1	32,0
	0,2	14	14,3	
	0,4	20	20,2	
188	0,1	11	11	34,7
	0,2	15,5	15,5	
	0,4	22	21,9	

Die Seitenentladung nimmt also mit Verlängerung des Astdrahtes ab, aber in sehr geringem Verhältnisse zur gesteigerten Länge. Diefs erscheint deutlicher, wenn man die Schlagweite für eine bestimmte Ladung der Batterie (z. B. die Elektritätsmenge 16) berechnet.

Länge des Astes 0    7    61    188 Zoll.

Schlagweite 0,39 0,33 0,25 0,21 Linie.

*Stellung des Astes am Stamme.* Die Stelle des Stammes, von welcher der Ast ausgeht, hat einen bedeutenden Einfluß auf die Stärke der Seitenentladung, wie die folgenden Versuche zeigen. Der Schließungsbogen enthielt aufser den unveränderlichen Theilen, die oben beschrieben

sind, einen Messingdraht von  $24\frac{1}{2}$  Zoll Länge und  $\frac{3}{4}$  Lin. Dicke, der die beiden dort beschriebenen Gestelle verband. Der ganze Schließungsbogen, von der Kugel der Batterie bis zum Boden derselben gemessen, hatte eine Länge von 138 Zoll. Der Astdraht wurde 54 Zoll lang genommen, so daß das Mikrometer bei der ganzen Versuchsreihe an derselben Stelle stehen blieb. Zur Bezeichnung der Stelle des Stammes, an welcher der Ast eingefügt war, wird die Länge des Stückes vom Schließungsbogen angegeben, das zwischen ihm und der Batteriekugel lag. Die erste brauchbare Stelle des Stammes lag dicht hinter dem Charniere des Entladungsapparates, 38 Zoll von der Batteriekugel; die letzte bei 81 Zoll, vor dem Kupferstreifen, der den Draht der Maafsflasche berührte.

Entfernung des Astes v. d. Batteriekugel.	Schlagweite x.	Elektricitätsmenge $(q = b\sqrt{Vx})$		
		beobachtet q.	berechnet.	Constante b.
38 Zoll	0,1 Lin.	6,5	6,6	
	0,2	10	9	
	0,4	13	13	
	0,7	17,5	17,6	21,0
	0,1	7,0	7,5	
50	0,2	12	10,6	
	0,4	14	14,9	
	0,7	20	19,8	23,7
	0,1	8	7,8	
	0,2	11	11	
59	0,4	15	15,6	
	0,7	21	20,6	24,7
	0,2	11	11,3	
	0,4	15,5	15,9	
	0,7	22,5	21,2	25,3
61	0,1	11	10,7	
	0,2	15,5	15,2	
	0,4	21,0	21,5	
	0,7	28	28,5	34
	0,1	14	14,3	
81	0,2	21	20,2	
	0,4	28	28,6	45,2.

Eine constante Elektricitätsmenge, z. B. 17,6, würde Seitenentladungen mit folgenden Schlagweiten geben;

Entfernung der Stelle	38	50	59	61	71	81 Zoll
Schlagweite	0,7	0,56	0,51	0,48	0,27	0,15 Lin.

Die ersten 3 Stellen lagen, wie die letzten, auf demselben continuirlichen Drahte. Bei einem Intervalle von 20 Zoll nimmt die Schlagweite auf dem ersten Drahte im Verhältnisse 10 zu 7, auf dem zweiten wie 10 zu 3 ab. Die Schlagweite der Seitenentladung nimmt also mit der Länge des Schließungsbogens ab, die den Ast von dem Innern der Batterie trennt, aber desto schneller, je mehr man sich von der Batterie entfernt.

Dafs diese auffallende Abnahme der Schlagweite nicht durch eine Influenz der Batteriekugel bedingt werde, erhellt daraus, dafs die mit 61 bezeichnute Stelle des Schließungsbogens, durch die Luft gemessen, 26 Zoll, die Stelle 71 24 und die Stelle 81 26 Zoll von der Batteriekugel entfernt war. Doch wurde noch folgender Versuch angestellt. Statt des Messingdrahtes zwischen den Gestellen wurde ein zweimal im rechten Winkel gebogener Kupferdraht von 118 Zoll Länge  $\frac{5}{8}$  Lin. Dicke in den Stammdraht eingeschaltet, dessen mittlerer Theil, 38 Zoll lang, über 5 Fufs von der Batteriekugel entfernt war. Dadurch war der ganze Schließungsbogen 231 Zoll lang geworden.

Das Mikrometer wurde durch einen 7 Zoll langen Astdraht successiv an 3 verschiedenen Stellen des Stammes befestigt, von welchen die beiden letzten auf dem mittleren Theile des Kupferdrahtes lagen.

Entfernung d. Astes v. d. Batteriekugel.	Schlagweite x.	Elektricitätsmenge beobacht. q.	berechn. b.	( $q = b\sqrt{x}$ ) Constante b.
61 Zoll	0,2	8	8,2	17,9
	0,4	11	11,3	
	0,7	15,5	15	
101	0,1	8	7,9	
	0,2	11	11,1	
	0,4	15	15,8	

Entfernung des Astes v. d. Batterieugel.	Schlagweite. x.	Elektricitätsmenge ( $q = b \sqrt{x}$ )		
		beobacht. q.	berechn.	Constante b.
	0,7	22	20,9	25,0
136	0,1	11	11,2	
	0,2	16	16	
	0,4	23	22,6	35,7

Die Entladung mit der Elektricitätsmenge 17,6 würde in der Seitenentladung folgende Schlagweiten geben:

Entfernung v. d. Batterieugel	61	101	136 Zoll.
Schlagweite	0,97	0,50	0,24

Auch hier sehen wir die Schlagweiten auf dem der Batterie näheren Drahtstücke langsamer abnehmen, als auf dem entfernteren; auf dem ersten im Intervall von 40 Zoll im Verhältnisse 1 zu 0,52, auf dem letzten im Intervalle 35 Zoll wie 1 zu 0,48. Aber besonders auffällig sind die absoluten Werthe der Schlagweiten mit denen des vorigen Paragraphs verglichen, die hier in gleichen Entfernungen viel größer sind. So ist hier, für gleiche Elektricitätsmenge berechnet, die Schlagweite noch bei 136 Zoll größer als früher bei 81 Zoll und bei 61 Zoll Entfernung größer als früher bei 38. Dieser große Unterschied der Schlagweiten kann nicht von der verschiedenen Länge der Astdrähte herrühren, deren Einfluss nur gering ist, und ebenso wenig von der durch den veränderten Schließungsbogen verminderten Stärke des Entladungsstroms, da deren Einfluss hier unmerklich bleibt. Diese Vergrößerung der Schlagweite rührt von der veränderten Länge des Schließungsbogens her; die Seitenentladung ist in bestimmter Entfernung vom Innern der Batterie desto größer, je länger der ganze Schließungsbogen ist.

*Einfluss des Stammdrahtes auf die Seitenentladung.* Die Stärke des Entladungstromes bei constanter Ladung der Batterie hängt bekanntlich von Beschaffenheit und Dimensionen des Schließungsbogens ab. Um den Einfluss dieser Stärke auf die Seitenentladung zu finden, die stets an derselben Stelle des Stammes hervorgebracht wurde, habe ich in den 3 ersten der folgenden Versuchsreihen Länge und

Form des Stammes ungeändert gelassen, in den zwei letzten die Länge geändert. Das Mikrometer war an einem 7 Zoll langen Aste, dicht an dem ersten Gestelle, also 61 Zoll von der Batteriekugel entfernt, am Stamme angebracht. Als Seitendraht diente, wie immer, der 160,6 Zoll lange Kupferdraht. Zwischen beiden Gestellen wurden verschiedene Drähte befestigt, in den drei ersten Reihen straff gespannt, in den beiden letzten spiralförmig gewunden.

Im Stamme.	Schlagweite	Elektritätsmenge. ( $q = b\sqrt{x}$ )		
	$x$ .	beobacht. $q$ .	berechn. $q$ .	Constante $b$ .
Messing rad. $\frac{2}{3}$ Lin.	0,1 Lin.	9	9	
Länge 24,5 Zoll	0,2	12	12,7	
	0,4	18	18	
	0,7	25	23,8	28,4
Messing rad. $\frac{7}{8}$ Lin.	0,1	9	8,8	
Länge 24,5 Zoll	0,2	12	12,4	
	0,4	17	17,5	
	0,7	24	23,2	27,7
Neusilber rad. $\frac{1}{8}$ Lin.	0,1	8	7,7	
Länge 24,5 Zoll	0,2	11	10,9	
	0,4	15	15,4	
	0,7	20	20,3	24,3
Messing rad. $\frac{7}{8}$ Lin.	0,1	7	7	
Länge 48,3 Zoll	0,2	10	9,9	
	0,4	14	14	
	0,7	19	18,6	22,2
Neusilber rad. $\frac{1}{8}$ Lin.	0,1	7	6,7	
Länge 32 Zoll	0,2	10	9,5	
	0,4	12	13,5	
	0,7	18	17,8	21,3

In bestimmter Entfernung vom Innern der Batterie nimmt also die Stärke der Seitenentladung zu, während die Stärke des Entladungsstromes durch Aenderung des Schließungsbogens abnimmt, aber in einem außerordentlich geringen Verhältnisse, wie die folgende Berechnung zeigt. Die Stärke des Entladungsstromes bei constanter Ladung der Batterie,

oder der umgekehrte Werth seiner Dauer, hat den Ausdruck  $\frac{1}{\frac{1}{b} + V}$ , wo  $\frac{1}{b}$  den Verzögerungswerth des unveränderlichen Theils des Schließungsbogens,  $V$  den des veränderlichen bezeichnet. Wir wollen  $V$  für den dicken Messingdraht zur Einheit nehmen und  $\frac{1}{b}$  nach Schätzung = 4 setzen. Der Strom der ersten Reihe ist dann  $\frac{1}{5}$  und die übrigen werden durch Vergleichung der Werthe  $V$  für die einzelnen Drähte gefunden.  $V = \frac{l x}{r^2}$ , wo  $l$  Länge,  $r$  Radius,  $x$  Verzögerungskraft des Metalles bedeutet. Die Entladungsströme haben der Reihe nach die Werthe  $\frac{1}{5} \quad \frac{1}{24,9} \quad \frac{1}{3206}$   
 $\frac{1}{45,2} \quad \frac{1}{4184}$ . Nimmt man den schwächsten Strom zur Einheit, und setzt die Schlagweiten der für die Elektrizitätsmenge 23,8 berechneten Seitenentladungen hinzu, so kommt folgende Zusammenstellung:

Stärke des Entladungsstroms	837	168	1,35		92,6	1
Stärke der Seitenentladung	0,70	0,74	1		1,15	1,25 Lin.

Die ersten 3 Spalten, bei welchen der Schließungsbogen dieselbe Länge behielt, zeigen wie gering die Zunahme der Seitenentladung im Verhältnisse zur Abnahme des Entladungsstromes ist. Indem der letztere von 620 bis 1 abnimmt, nimmt die Schlagweite nur im Verhältnisse von 7 zu 10 zu. Die vierte Spalte zeigt den überwiegenden Einfluß der Länge des Schließungsdrahts auf die Seitenentladung. Wäre die Stromstärke 92,6 ohne Aenderung der Länge der Schließung erhalten worden, so hätte die Schlagweite kaum 0,8 Linien betragen können, statt daß sie durch Verdoppelung der Länge des Stammes auf 1,15 gebracht worden ist. In dem Beispiele der fünften Spalte endlich wirkten Schwäche des Stroms und Länge des Stammes zusammen, die größte Schlagweite herbeizuführen. Es folgt hieraus, daß die Seitenentladung an einer bestimmten Stelle des Stammes zunimmt, wenn das Leitungsvermögen des Stammes zwischen dieser Stelle und der äußern Belegung der Batterie verschlechtert wird. Die Zunahme ist bedeutend,

wenn die Verringerung der Leitung durch Verlängerung des Stammes, äußerst gering aber, wenn sie durch Aenderung der Dicke und des Metalles des Schließungsdrahtes bewirkt wird.

## II. Entstehung der Seitenentladung.

Nach allen vorhergehenden Versuchen erscheint die Seitenentladung als eine Influenzwirkung des während der Entladung der Batterie elektrisch gewordenen Schließungsdrahtes, von dem Rückschlage nur der Richtung nach unterschieden. Nähert man eine positiv elektrische Kugel dem Ende eines Drahtes, so fließt während der ganzen Zeit der Annäherung ein Strom im Drahte in der Richtung von der Kugel ab. Dieser Strom ist gewöhnlich sehr schwach, nicht seiner Elektricitätsmenge wegen, die sehr groß seyn kann, sondern der langen Zeit wegen, durch welche seine Bewegung dauert. Hebt man die Einwirkung der Kugel plötzlich auf, indem man sie entladet, so fließt im Drahte ein Strom, der Rückschlag, in der Richtung auf die Kugel zu. Ein eben so starker Strom, nur in entgegengesetzter Richtung, muß entstehen, wenn die Kugel dem Drahte mit großer Geschwindigkeit genähert wird. Dieser Strom, durch den Schließungsbogen erzeugt, bringt die Erscheinung der Seitenentladung hervor. Da der Schließungsbogen in sehr kurzer Zeit elektrisch und wieder unelektrisch wird, so muß einer jeden Seitenentladung ein Rückschlag folgen, wenn dieser nicht verhindert wird. Derselbe hat auf die Gesetze der Seitenentladung aber keinen Einfluß, da durch Anlegung des Seitendrahtes an eine Condensatorplatte der Rückschlag verringert oder, wie wir unten sehen werden, gänzlich aufgehoben werden kann, ohne daß die Regelmäßigkeit der Seitenentladung gestört würde.

Die Elektricitätsbewegung im Stammdrahte, die den Hauptstrom bildet, hat keinen directen Antheil an der Bildung des Seitenstroms, wie schon Biot vermuthete. Es ist dafür in den obigen Versuchen der schlagende Beweis geliefert. Der Hauptstrom nämlich ist an jeder Stelle des

Schließungsbogens von gleicher Stärke und wird durch Veränderung von Stoff und Dimensionen der Schließung durchweg geändert. Wo dieser Strom wirkt, finden sich diese beiden Merkmale wieder. So wirkt, derselbe in die Ferne durch Induction und man findet den Nebenstrom, den ein bestimmter Theil des Schließungsdrahtes erzeugt, von gleicher Stärke, an welcher Stelle auch sich jener Theil befinden mag. Man findet ferner den Nebenstrom verstärkt oder geschwächt, wenn der Hauptstrom verstärkt oder geschwächt wird. Die Seitenentladung hingegen ist auf das Auffallendste verschieden nach der Stelle des Schließungsdrahtes, die sie erzeugt, und ist desto stärker, je näher man der innern Belegung der Batterie kommt. Ferner ändert sich die Seitenentladung zwar mit der Stärke des Hauptstromes, aber in äußerst geringem Verhältnisse und in entgegengesetztem Sinne.

Außer der Elektrizität, die den Hauptstrom bildet, ist noch Elektrizität auf dem Schließungsbogen in Bewegung, die nämlich, welche die innere Belegung der Batterie mehr hat, als die äußere. Diese Elektrizität erregt die Seitenentladung, und den directen Beweis dafür giebt die schon den frühern Beobachtern bekannte Thatsache, daß die in dem Seitendrahte zurückgebliebene Elektrizität stets mit der Elektrizität im Innern der Batterie von derselben Art ist. Entladet man eine isolirte Batterie durch einen isolirten Schließungsbogen, so findet man den letztern mit dem Innern der Batterie gleichnamig elektrisch. Es ist der erwähnte Elektrizitätsüberschuß, der bei der Entladung nicht ausgeglichen werden konnte und sich nach den Gesetzen der ruhenden Elektrizität auf der Oberfläche des Schließungsbogens angeordnet hat. Die Erscheinungen der Seitenentladung zeigen, daß diese oberflächliche Anordnung einen Augenblick nach dem Aufhören des Entladungsstromes auch auf dem nicht isolirten Schließungsbogen stattfindet. Alsdann nämlich muß durch jeden Querschnitt des Schließungsbogens desto weniger von der überschüssigen Elektrizität strömen, je mehr davon schon zur oberflächlichen

lichen Anordnung verwendet ist, je entfernter also dieser Querschnitt von dem Innern der Batterie liegt. Die Seitenentladung ist Folge der Influenz des nächsten Stückes des Stammdrahtes auf den Astdraht, sie ist desto stärker, je dichter die Elektricität in diesem Stücke ist. Ich nehme Influenz, nicht Mittheilung der Elektricität, auf dem Astdrahte an (was übrigens für die anderen Momente der Erklärung gleichgültig ist), weil wir später sehen werden, daß die Seitenentladung ungehindert stattfindet, wenn auch der Ast gänzlich vom Stamme getrennt ist. Ausser von der Dichtigkeit im Stammdrahte hängt die Influenz auf den Ast und damit die Seitenentladung, wenn auch nur in sehr geringem Grade, von der Zeit ab, während welcher der Stamm elektrisch bleibt. Darauf deutet die Erfahrung, daß an einer bestimmten Stelle des Stammes die Seitenentladung etwas gröfser wird, wenn man die Dauer des Entladungstromes vergrößert. Der grofse Einflufs aber der Verlängerung des Stammes auf die Seitenentladung wird hierdurch nicht erklärt und hängt wahrscheinlich ab von der eigenthümlichen Anordnung der Elektricität auf dem Stamme, die ich einer spätern Untersuchung überlasse.

Nach dem Vorhergehenden findet ein wesentlicher Unterschied zwischen der Seitenentladung und dem Nebenstrom statt, obgleich beide der Einwirkung von in Bewegung begriffener Elektricität ihr Entstehen verdanken. Der Nebenstrom entsteht durch gleichzeitige Einwirkung beider Elektricitätsarten (Induction), die Seitenentladung durch Einwirkung nur Einer Elektricitätsart (Influenz) <sup>1)</sup>. Der

1) Ich sehe so eben, daß Hr. Verdet im Dezemberheft der *Ann. de chimie* 1848 zu einem ähnlichen Schlusse gekommen ist. Er sagt nämlich nach Versuchen über den Nebenstrom p. 401. *La cause de ces phénomènes est sans doute une action particulière, résultant du mouvement de l'électricité et essentiellement distincte de l'influence que l'électricité libre de la batterie exerce sur les conducteurs voisins. D'ailleurs pour reconnaître la différence de ces deux ordres de faits, il suffit de remarquer que la direction de la décharge induite change en même temps que celle de la décharge*

Seitenstrom ist vorhanden, wenn der Seitendraht normal auf dem Stamme steht, der Nebenstrom aber nicht; die Richtung des Seitenstroms gegen die des Hauptstromes ist von der Lage des Seitendrahtes abhängig, er fließt mit ihm in gleicher oder entgegengesetzter Richtung je nach der Neigung des Seitendrahtes nach der einen oder andern Seite. Die Richtung des Nebenstromes hingegen folgt stets der des Hauptstromes. Dafs die Stärke des Nebenstromes unmittelbar von der des Hauptstromes abhängt und proportional mit ihr zu und abnimmt, der Seitenstrom hingegen nur mittelbar und im entgegengesetzten Sinne, ist schon oben bemerkt.

### III. Schlagweite der strömenden Elektricität.

Das Gesetz der Schlagweite einer ruhenden Elektricität ist seit lange bekannt und zuletzt durch meine eigenen Versuche an der Torsionswaage in aller Schärfe bestätigt worden <sup>1)</sup>. Ein Körper, auf dessen Oberfläche die Elektricität im Gleichgewichte ist, hat an jedem Punkte eine Schlagweite, die unter sonst gleichen Umständen der elektrischen Dichtigkeit dieses Punktes einfach proportional ist. Verändert man die Dichtigkeit des Punktes auf irgend eine Weise, so wird die Schlagweite in gleichem Verhältnisse verändert; geschieht jene Aenderung durch verschiedene Elektrisirung, so giebt die Schlagweite das Maafs für die Elektricitätsmenge, die dem Körper zugetheilt worden ist. Welches Gesetz die Schlagweite befolgen würde, wenn der Körper von Elektricität durchströmt wird, und diese Elektricität, in dem Augenblicke, wo sie an seine Oberfläche tritt, entladen wird, war bisher gänzlich unbekannt; dasselbe geht aus den Versuchen mit der Seitenentladung klar hervor. Je mehr Elektricität im Stamme dem Astdrahte vorbeigeführt wird, desto mehr Elektricität mufs in

*inductrice et ne dépend pas de la nature de l'électricité libre de la batterie.*

1) Poggendorffs Ann. Bd 73, S. 379.

dem Aste durch Influenz erregt werden; die Kugel am Ende des Astes müßte daher, wenn die erregte Elektricität auf ihrer Oberfläche zur Ruhe käme, eine desto größere Dichtigkeit und Schlagweite erhalten. Es bezeichne  $m$  das Verhältniß der Elektricitätsmengen auf den Belegungen der Batterie und die Batterie sey mit der Menge  $q$  geladen, so führt der Hauptstrom die wirkende Elektricitätsmenge  $q(1-m)$  an den Ast vorüber. Aber nicht von dieser Elektricitätsmenge, sondern von ihrer Dichtigkeit  $\frac{q}{s}$ , wo  $s$  die geladene Fläche der Batterie bedeutet, hängt die Schlagweite am Astdrahte ab. Wir haben hier den anderweitig begründeten Satz <sup>1)</sup> zu beachten, daß die Entladung der Batterie aus einer großen Menge Partialentladungen besteht. Wenn die Elektricitätsmengen  $q$  und  $2q$  mit gleicher Dichtigkeit durch den Schließungsbogen gehen, so wird der Bogen in ganz gleicher Weise beziehungsweise  $n$ mal und  $2n$ mal elektrisch. Es wirkt in beiden Fällen gleich dichte Elektricität auf den Astdrath ein. Die Dichtigkeit der influencirenden Elektricität bringt eine porportionale Dichtigkeit der im Astdrahte influencirten hervor und dieser Draht wird also von Elektricität durchströmt, deren Dichtigkeit porportional der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie ist. Ich habe vor 11 Jahren die Vermuthung ausgesprochen, daß die Geschwindigkeit einer bewegten Elektricitätsmenge ihrer Dichtigkeit porportional sey <sup>2)</sup> und diese Vermuthung hat seitdem mehr und mehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Es wird hiernach der Astdraht von Elektricität durchströmt, deren Geschwindigkeit proportional der elektrischen Dichtigkeit in der Batterie ist, und wir können aus den Versuchen über die Schlagweite der Seitenentladung mit großer Wahrscheinlichkeit folgern: *Die Schlagweite einer bewegten Elektricitätsmenge ist dem Quadrate ihrer Geschwindigkeit proportional.*

Die Unabhängigkeit der Seitenentladung von der entladenen Elektricitätsmenge kann nicht in aller Strenge be-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 53, S. 14.

2) Ebend. Bd. 40. S. 341.

stehen, da eine doppelte Menge eine doppelte Entladungszeit hat, und die Seitenentladung mit der Zeit zunimmt, während welcher der Schließungsbogen elektrisch bleibt. Dieser Einfluss ist aber gewöhnlich so gering, dass wir von ihm gänzlich absehen können. Als in den 3 ersten Versuchen der oben angeführten Versuchsreihe die Entladungszeit durch Veränderung des Schließungsbogens von 1 auf 620 gebracht wurde, nahm die Schlagweite der Seitenentladung im Verhältnisse 7 zu 10 zu. Eine Steigerung der Entladungszeit aber durch die Elektrizitätsmenge wird in den ausführbaren Versuchen sehr weit unter der angegebenen und die Zunahme der Schlagweite daher unbemerkt bleiben. — Der gefundene Satz erklärt viele bisher auffallende Erscheinungen bei der Entladung der Batterie, wozu ich Folgendes als Beispiel anführe. Die Franklin'sche Batterie besteht aus einzelnen isolirten, in eine Reihe gestellten, Battereien, von welchen die äussere Belegung jeder Batterie mit der innern der nächst folgenden durch einen Draht verbunden ist; durch Ladung der ersten Batterie werden auch die übrigen geladen. Als Dove <sup>1)</sup> ein Luftthermometer in den Verbindungsdraht der ersten und zweiten Batterie eingeschaltet hatte, erhielt derselbe die Erwärmungen 1, 2, 3, 4, je nachdem 1 bis 4 Batterien zugleich entladen wurden. Ein Funkenmikrometer, an die Stelle des Thermometers gesetzt, zeigte unter denselben Bedingungen der Entladung die Schlagweiten 1, 4, 9, 16. Nach der hypothetischen Bedeutung, die ich meiner Wärmeformel gegeben habe, ist die Erwärmung eines Drahtes in einem constanten Schließungsbogen  $W = \frac{aq^2}{z}$ , wo  $z$  die Entladungszeit der Elektrizitätsmenge  $q$  bedeutet <sup>2)</sup>. Nach dem aufgestellten Satze ist die Schlagweite einer bewegten Elektrizitätsmenge dem Quadrate ihrer Geschwindigkeit proportional. Es muss also in den beschriebenen Versuchen die Schlagweite proportional  $\frac{1}{z^2}$  oder  $W^2$  seyn, wie der Erfolg in der That gezeigt hat.

1) Poggendorff's Annal. Bd. 72, S. 409 und 414.

2) Ebend. Bd. 69. S. 427.

#### IV. Die Seitenentladung im verzweigten Schließungsdrahte und im Nebendrahte.

Bei allen bisher aufgeführten Versuchen ist der Seitendraht isolirt gewesen; es erfolgte aber weder eine Aenderung des Funkens noch der Schlagweite, als die Isolation aufgehoben, das Ende des Seitendrahtes auf die Zimmerdiele gelegt oder in eine Spiritusflamme gesteckt war. Als ich hingegen dieses Ende zur Erde vollkommen ableitete, war die Schlagweite geändert und der Funke, der früher lichtschwach und linienförmig war, erschien gleichsam körperlich und mit starkem Glanze. Der Grund hiervon war sogleich klar. Der Schließungsbogen und die äußere Belegung der Batterie waren vollkommen (metallisch) zur Erde abgeleitet, wurde nun der Seitendraht gleichfalls vollkommen abgeleitet, so trat er mit in die Schließung ein, und es wurden die Schlagweiten in einem verzweigten Schließungsbogen beobachtet. Da diese Schlagweiten neuerdings wieder zur Sprache gebracht worden sind, ohne Erwähnung der bereits darüber vorliegenden Erfahrungen, so mögen diese hier angeführt werden. Priestley<sup>1)</sup> bog einen dünnen messingenen Draht von 1 yard Länge in die Form des großen Omega ( $\Omega$ ) und legte die Enden desselben an die Belegungen einer geladenen Flasche. Als die Oeffnung des Omega  $\frac{1}{3}$  Zoll betrug, ging durch dieselbe bei der Entladung ein starker Funke über. Bei einem längeren und dünneren Eisendrahte konnte so ein Funke von  $\frac{1}{2}$  Zoll Länge erhalten werden. Mit 4 bis 5 yards eines  $\frac{1}{10}$  Zoll dicken Eisendrahtes war der Funke  $\frac{1}{2}$  Zoll lang und ebenso mit einem  $3\frac{1}{2}$  yards langen Eisendrahte von  $\frac{1}{5}$  Zoll Dicke. Als hingegen die Hälfte des letzten Drahtes angewandt wurde, konnte nur ein Funke von  $\frac{1}{3}$  Zoll Länge erhalten werden, und als das Omega in der Mitte des letzten Drahtes gebildet wurde, so daß die horizontalen Theile desselben sehr lang blieben, betrug die Länge des Funkens nur  $\frac{1}{8}$  Zoll. Priestley überzeugte

1) Geschichte der Elektrizität, deutsch 1772 S. 475.

sich durch einen eigenen Versuch, daß überall nicht die ganze Ladung der Flasche, sondern nur ein kleiner Theil derselben den Weg durch die Luft genommen hatte.

Aus diesen Versuchen folgt, daß, wenn ein zweifacher Weg von einer Belegung einer Flasche zur andern führt, der Schließungsdraht sich also in Zweige spaltet, die Entladung durch beide Zweige geht, wenn auch der eine Zweig durch eine Luftschicht unterbrochen ist. Diese Unterbrechung darf aber eine gewisse Länge nicht überschreiten, die bei constantem Stamme und derselben Ladung der Flasche mit der Länge des nicht unterbrochenen Zweiges zunimmt. Diese Erfahrung widerspricht dem Gesetze der Theilung des Entladungstromes, nach welchem die durch jeden Zweig hindurchgehende Elektrizitätsmenge dem Verzögerungswerthe dieses Zweiges umgekehrt proportional ist. Der Verzögerungswerth eines durchbrochenen Zweiges ist gegen den eines ganz metallischen unermesslich groß, und es dürfte daher durch den durchbrochenen Zweig nur eine unendlich kleine Elektrizitätsmenge gehen, wogegen man in der That eine in jeder Weise merkbare Menge die Luftschicht durchbrechen sieht. Die Seitenentladung löst diesen Widerspruch. In dem durchbrochenen Zweige sind alle Bedingungen zu einer Seitenentladung gegeben und es ist kein Zweifel gestattet, daß dieselbe wirklich eintritt. Mit dem Uebergehen eines Funkens ist aber die Isolation der Luftschicht aufgehoben, ein Schluß, der von Faraday <sup>1)</sup> und mir <sup>2)</sup> aus ganz verschiedenartigen Versuchen gezogen worden ist. Dasselbe findet selbst für den Voltaschen Strom statt, der nach Herschels Versuch <sup>3)</sup> durch eine Luftschicht übergeht, nachdem die Entladung einer Leidner Flasche dieselbe durchbrochen hat. Der Funke des getheilten Entladungstromes kann in unserm Falle durch die Luftschicht des Zweiges erst dann übergehen, nachdem der

1) *Experimental researches*, ulin. 1418.

2) *Poggend. Ann.* Bd. 53, S. 15.

3) *Ebend.* Bd. 49, S. 122. *Sturgeon annals of electr.* III. p. 507.

Funke der Seitenentladung dieselbe leitend gemacht hat. Die folgenden Versuche bestätigen dies vollkommen.

Die beiden isolirten Gestelle des Schließungsbogens wurden durch einen 48 Zoll langen  $\frac{7}{4}$  Lin. dicken Messingdraht mit einander verbunden; dicht am ersten Gestelle war der Ast angelegt, 7 Zoll lang  $\frac{1}{6}$  Lin. dick, der Seitendraht gleichfalls von Kupfer 160,6 Zoll lang  $\frac{3}{8}$  Lin. dick. Das Ende des Seitendrahts blieb in der ersten Versuchsreihe isolirt, in der zweiten wurde es am Stamme bei dem zweiten Gestelle befestigt, so daß nun Ast und Seitendraht zusammen einen durchbrochenen Zweig bildeten (s. Taf. II. Fig. 2.). Die Batterie bestand aus 3 Flaschen. Es wurden folgende Elektrizitätsmengen bei verschiedenen Schlagweiten im Zweige beobachtet.

#### Der Seitendraht isolirt.

Schlagweite $x$ .	Elektrizitätsmenge $q$ .		$(q = b \sqrt{x})$ Constante $b$ .
	beobach.	berechn.	
0,1 Lin.	8	7	
0,4	14	14	
0,7	19	18,6	22,2.

#### Ast und Seitendraht als Zweig.

0,1	10	8,6	
0,2	11,5	12,1	
0,4	17	17,1	
0,6	21,5	21,0	
0,7	23,5	22,6	27,1.

#### Ast 54 Zoll lang, vorige Anordnung.

0,1	12	11,4	
0,2	17	16,2	
0,4	22	22,9	
0,7	29	30,4	36,3.

In der ersten Reihe findet die reine Seitenentladung mit sehr geringer Elektrizitätsmenge statt, während in der zweiten und dritten Reihe ein Theil des Hauptstromes durch

die Unterbrechung im Zweige übergegangen ist. Gehörten die beobachteten Schlagweiten diesem Hauptstrome an, so mußten sie nothwendig größer seyn, als die der ersten Reihe, da die Dichtigkeit im Hauptstrom jedenfalls größer ist, als in dem von ihm durch Influenz erregten Seitenstrome. Das sind sie aber nicht, wie die Tabelle zeigt und sich noch auffallender herausstellt, wenn wir für die constante Electricitätsmenge 18,6 die Schlagweiten berechnen.

	erste	zweite	dritte Reihe.
Schlagweite	0,7 Lin.	0,47	0,34.

(In der dritten Reihe ist der Einfluß des längern Astes berücksichtigt und die Constante danach reducirt). Die Schlagweiten der Zweigströme sind also nicht nur nicht größer als die der Seitenentladung, sondern sogar bedeutend kleiner, und wir können um so bündiger schliessen, daß die Schlagweiten nicht unmittelbar von den Zweigströmen herühren, sondern durch die Seitenentladung vermittelt sind.

Das quadratische Gesetz der Schlagweite in dem Zweigdrahte findet, je nach der Beschaffenheit der Zweige, in größerer oder geringerer Schärfe statt und stellt sich keinesweges allgemein so klar dar wie oben, oder in allen Versuchen mit der Seitenentladung. Bei mehrfacher Abänderung des vollen Zweiges fand ich bedeutende Abweichungen von diesem Gesetze, aber immer nur in der Weise, daß die Schlagweiten schneller zunahmen als nach dem Quadrate der Dichtigkeit erwartet wurde. Annäherungen an die Proportionalität mit der einfachen Dichtigkeit sind nicht vorgekommen<sup>1)</sup>. Eine der stärksten Abweichungen von dem Gesetze zeigte sich in der folgenden Versuchsreihe, wo der volle Zweig aus einem Neusilberdraht von 32 Zoll Länge  $\frac{1}{4}$  Lin. Dicke bestand, während der durch

1) Knochenhauer hat in einer Menge vielfach abgeänderter Versuche die Schlagweiten im verzweigten Schließungsbogen durchweg proportional der einfachen elektrischen Dichtigkeit in der Batterie gefunden (Pogg. Annal. Bd. 67. S. 477 fgl.). Die Dichtigkeit ist höchstens im Verhältnisse 10 zu 14 verändert worden und scheint überall von großer absoluter Stärke gewesen zu seyn.

das Funkenmikrometer unterbrochene aus dem 7 Zoll langen Aste und 160,6 Zoll langen Seitendrahte, wie früher, gebildet wurde.

Schlagweite $x$ .	Elektricitätsmenge $q$ .	$\frac{q}{\sqrt{x}}$ .
0,1	12	38,0
0,2	15	33,5
0,4	17	26,9
0,7	19	22,7.

Die Größe  $\frac{q}{\sqrt{x}}$ , die bei den frühern Versuchen constant war, nimmt hier mit steigender Dichtigkeit bedeutend ab. Diese Abweichungen von der Regel der Schlagweiten können nicht auffallen, da ich bei Untersuchung der Erwärmung in vollen Zweigen, wenn das Leistungsvermögen beider Zweige sehr verschieden war, nicht geringere Abweichungen von dem Gesetze der Erwärmungen nachgewiesen habe<sup>1)</sup>. Ich habe damals wahrscheinlich gemacht, daß diese Störungen von Nebenströmen herrühren, die in jedem der beiden Zweige erregt werden und durch den andern Zweig abfließen. Hierdurch findet auch die auffallende Verminderung der Schlagweite durch Zurückführung des Seitendrahtes zum Stamme ihre Erklärung. Jeder Nebenstrom ist nämlich, wie wir sogleich sehen werden, von zwei Seitenströmen begleitet, die auf einander zu fließen. Wenn demnach in den Versuchen S. 487 bei isolirtem Seitendrahte die Kugel des Astes elektrisch wurde, die des Seitendrahtes unelektrisch blieb, so wurden bei der Zweigentladung beide Kugeln gleichartig elektrisch. Daß im letzten Falle die Schlagweite für dieselbe Ladung der Batterie kleiner seyn muß, als im ersten, ist eine nothwendige Folge bekannter Erfahrungen.

Wenn dem Hauptschließungsdrahte der Batterie ein Nebendraht parallel ausgespannt wird und man die Enden des letztern zum Funkenmikrometer führt, so überzeugt man sich leicht, daß an diesen Enden zwei Seitenströme

1) Pogg. Ann. Bd. 63, S. 501.

entstehen, die am Mikrometer mit entgegengesetzter Richtung ankommen (s. Taf. II. Fig. 3.). An demjenigen Ende des Nebendrahtes, das dem Innern der Batterie zunächst liegt, wird der stärkere Seitenstrom erregt, der die Seitenentladung bestimmt, die auf die oben angegebene Weise die Entladung des Nebenstromes möglich macht. Der beobachtete Funke ist daher dem Nebenstrom entsprechend und bei grossen Inductionsspiralen selbst für geringe Ladungen der Batterie voll und glänzend. Das quadratische Gesetz der Schlagweite läßt sich leicht aufzeigen. Es wurde eine ebene Spirale, aus 53 Fufs eines  $\frac{3}{4}$  Lin. dicken Kupferdrahtes bestehend, mittelst zweier dicken Kupferdrähte zwischen den Gestellen des Schliessungsbogens eingeschaltet. Derselben gegenüber stand die gleiche Nebenspirale, deren Enden durch  $\frac{1}{4}$  Linie dicke Kupferdrähte mit dem 4 Fufs davon entfernten Funkenmikrometer verbunden waren. Es wurden 3 Flaschen gebraucht und folgende Elektrizitätsmengen für geänderte Schlagweiten beobachtet. Die Beobachtung ist zweimal, bei zunehmender und abnehmender Schlagweite angestellt.

#### Entfernung der Spiralen 3 Linien.

Schlagweite x.	Elektricitätsmenge q.	Mittel.	Berechnet.	$(q = b \sqrt{x})$ Constante b.	
0,1 Lin.	5,5	5	5,3	5,4	
0,2	8	8	8	7,7	
0,4	10,5	11	10,8	10,8	
0,8	15	15	15	15,3	
1,6	21,5	22	21,8	21,6	17,1

#### Entfernung der Spiralen 9 Linien.

0,1	7	7	7	6,8	
0,2	9,5	10	9,5	9,6	
0,4	14	13,5	13,8	13,5	
0,8	18	18	18	19,1	
1,6	26	27	26,5	27,1	21,4

Dafs bei constanter Schlagweite die Dichtigkeit der Ladung constant war, zeigten die folgenden Versuche mit geänderter Flaschenzahl und der Schlagweite 0,2 Linien.

Flaschenzahl	2	3	4	5	6	7
Elektricitätsmenge	5	8	11	13	16,5	19
Dichtigkeit	2,5	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7

Es ist hier das Gesetz der einfachen Seitenentladung beobachtet worden; dafs die Schlagweiten in der That der Seitentladung und nicht dem Nebenstrome zugehören, läfst sich leicht darthun, indem man einen schlechtleitenden Draht in die Hauptschliessung bringt. Die Dauer des Nebenstromes wird durch diese Einschaltung verlängert, die Seitenentladung aber nach den obigen Versuchen nicht verringert. Gehört die beobachtete Schlagweite dem Nebenstrom an, so mufs sie verringert werden, weil nun die Elektricität mit geringerer Geschwindigkeit an die Kugeln des Mikrometers tritt. Der Versuch zeigte keine solche Verringerung und gab also den Beweis, dafs die Schlagweiten der Seitenentladung zugehören, in deren Folge der Nebenstrom überzugehen im Stande ist. Da mir diese Versuche von besonderem Interesse zu seyn schienen, so bestimmte ich zum Ueberflusse die Verzögerung des Nebenstromes durch die Einschaltung im Hauptdrahte und theile die Beobachtungen zum Schlusse ausführlich mit.

Die Hauptspirale wurde so in dem Schliessungsbogen angebracht, dafs vor oder hinter derselben ein Draht eingeschaltet werden konnte; die Lage dieses Drahtes zeigte keinen Einflufs auf die folgenden Versuche. Die Nebenspirale wurde zuerst vollkommen geschlossen, mit Einschaltung eines elektrischen Thermometers, in dessen Kugel sich ein Platindraht, 98,6 Lin. lang, rad. 0,018, befand. Je nachdem ein Messing- oder Neusilberdraht in die Hauptschliessung genommen wurde, gab das Thermometer die folgenden Erwärmungen an.

Einschaltung: Messingdraht.				Neusilberdraht.	
Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung.		Erwärmung.	
s.	g.	beob. $\theta$ .	berech.	beob. $\theta$ .	berechn.
3	12	21,4	21,1	8,5	8,5
	14	28,2	28,7	11,0	11,5
	16	37,8	37,5	15,2	15,1

Für den ersten Nebenstrom hat man  $\theta = 0,44 \frac{q^2}{s}$  für den zweiten  $\theta = 0,17 \frac{q^2}{s}$ ; bei gleicher Ladung der Batterie wurden also bei Einschaltung von Messing oder Neusilber im Hauptdrahte, Nebenströme erregt, deren Entladungszeiten sich wie 17 zu 44 verhielten. Die Nebenschließung wurde nun durch das Funkenmikrometer unterbrochen und zu verschiedenen Schlagweiten die Elektricitätsmenge gesucht. Beiläufig wurde auch die Erwärmung im Thermometer beobachtet.

Einschaltung: Messingdraht.			Neusilberdraht.	
Schlagweite.	Elektricitätsmenge	Erwärm.	Elektricitätsmenge.	Erwärm.
0,2 Lin.	5	4,8		
0,4	7	9	9	5,8
0,8	11	20,1	11	7,2
1,6	13,5	28	14	12,5

Man sieht hier bei denselben Schlagweiten bewegter Elektricitätsmengen sehr verschiedene Erwärmungen, woraus folgt, daß die Schlagweiten nicht dem Strome zugehören, der die Erwärmung hervorbringt.

Es ist beiläufig auf den Unterschied aufmerksam zu machen, der zwischen den Erwärmungen im Nebenstrom bei voller und durchbrochener Schließung stattfindet. Die letzteren zeigen nicht die strenge Gesetzmäßigkeit der ersten. Diefs kann bei dem zusammengesetzten Mechanismus der Entladung des Nebenstroms durch die Unterbrechung hindurch nicht auffallen, und wirklich zeigten die Kugeln des Mikrometers durch unregelmäßige Flecke, daß in den verschiedenen Versuchen die Funken nicht an derselben Stelle der Kugeln übergegangen waren. So giebt auch eine

Wiederholung eines Versuches Unterschiede der Erwärmungen, wie sie bei voller Schließung niemals vorkommen. Aber fast durchgängig wurden die Erwärmungen bei der Unterbrechung im Nebendrahte größer gefunden, als ohne dieselbe. Diefs ist besonders auffallend bei den folgenden Versuchen mit verschiedener Flaschenzahl und der constanten Schlagweite 0,4 Lin. Im Hauptschließungsdrahte befand sich der oben angewandte Messingdraht.

Flaschenzahl. s.	Elektricitäts- menge q.	Erwärmung im Nebenstrom $\theta$ .	$\frac{\theta s}{q^2}$
2	6	9,2	0,51
3	9	14	0,52
4	12	17,2	0,48
5	15	20,3	0,45
6	17	28,7	0,60
7	19	26,7	0,52

Wir finden für  $\frac{\theta s}{q^2}$  durchgängig größere Zahlen als 0,44, welcher Werth oben für den geschlossenen Nebenstrom gefunden worden ist. In meiner ersten Untersuchung über den Nebenstrom <sup>1)</sup> ist in drei Versuchen, wo eine Unterbrechung im Nebendrahte von 0,1 Linien angebracht war, die tief unter der Schlagweite lag, eine Verminderung der Erwärmung durch die Unterbrechung gefunden worden. Dieser entgegengesetzte Erfolg ist ganz den Versuchen entsprechend, die ich über die Erwärmung im Hauptdrahte bei Unterbrechungen verschiedener Länge angestellt habe <sup>2)</sup>, und findet in der dort gegebenen Betrachtung eine genügende Erklärung.

1) Pogg. Ann. Bd. 47, S. 67.

2) Ebend. Bd. 43, S. 78.

## II. Ueber den Einfluss der Geschwindigkeit des Drehens auf den durch magneto-elektrische Maschinen erzeugten Inductionsstrom;

von E. Lenz.

(Bullet. de la Classe phys. math. de l'acad. de St. Pétersbourg  
T. VII. pag. 257.

### Erste Abhandlung.

Bisher besitzen wir keine vollständige Untersuchung über den Einfluss, welchen die Geschwindigkeit des Drehens magneto-elektrischer Maschinen auf den durch sie erregten Strom ausübt. Die meisten Beobachter, welche mit solchen Maschinen arbeiteten, begnügten sich damit, eine gleichförmige Drehung anzuwenden, da solches zu dem Zwecke der von ihnen beabsichtigten Untersuchungen hinlänglich schien: nur in dem Aufsätze von Weber, welcher sich in Poggendorff's Annalen, Bd. 61, unter dem Titel „das Maafs der Wirksamkeit magneto-elektrischer Maschinen“ findet, behandelt ein Abschnitt (Seite 434) die Abhängigkeit der Stromstärke von der Schnelligkeit des Wechsels der erregten Magnetismen. Weber zeigt in diesem Abschnitt durch Versuch bei 3 verschiedenen Geschwindigkeiten des Wechsels oder des Drehens, dass der erregte Strom mit der Schnelligkeit des Wechsels wachse, allein in geringerem Verhältniss, welches er durch die empirische Formel

$$g = \frac{an}{1+bn+cn^2}$$

auszudrücken sucht, in welcher  $g$  die Stärke des erregten Stromes,  $n$  die Anzahl der Wechsel des Stromes in der Secunde,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  aber 3 aus den Versuchen zu bestimmende Coëfficienten ausdrücken. Wenn man dieser empirischen Formel eine Ausdehnung über die Gränzen von  $n$  hinaus gestatten würde, bis zu welchen die Versuche zur Bestim-

mung von  $a$ ,  $b$ ,  $c$  reichten, so würde aus ihr folgen, daß bei einer gewissen Anzahl von Wechselln in der Secunde, welche durch  $\sqrt{\frac{1}{ac}}$  ausgedrückt wird, die Stromstärke ihr Maximum erreichen müßte und von da an, bei noch vergrößerter Geschwindigkeit des Drehens, wieder abnehmen würde. Hierauf macht Weber aufmerksam, allein die Einrichtung seines Apparats ließe eine solche Steigerung der Drehungsgeschwindigkeit nicht zu, auch lag diese Untersuchung nicht im Zwecke seiner damaligen Forschungen.

Als Ursache des Umstandes, daß die Stromstärke nicht der Geschwindigkeit des Drehens proportional ist, führt Weber die Coërcitivkraft des Eisens an, die dasselbe verhindert den durch Induction in ihm erregten Magnetismus sogleich in ganzer Stärke anzunehmen.

Auch ich ging von dieser, so natürlich sich darbietenden, Hypothese aus, und als ich eine hier in Petersburg vom Mechaniker Albrecht, nach der Störerschen Construction, angefertigte Maschine erhielt, beschloß ich die Sache noch näher zu untersuchen, indem ich dabei zunächst hoffte, eine tiefere Einsicht in die Schnelligkeit, mit welcher das Eisen den Magnetismus annimmt, zu erlangen.

Die Maschine besteht aus 3 Hufeisenmagneten, die, mit ihren Polen nach oben, senkrecht gestellt sind, so daß die 6 Polflächen sich in einer horizontalen Ebene befinden, und eine solche gegenseitige Stellung einnehmen, daß die geraden Linien, welche die Mitte von je 2 neben einander befindlichen Polen verbinden, ein regelmäßiges Sechseck bilden. Die Dimensionen sind die von Störer (Pogg. Annalen Bd. 61, S. 426) angegebenen. Die auf 6 Encylindern gleichmäßig vertheilten Inductionsspiralen können durchs Drehen der, die Verbindung bewerkstellenden, Scheibe auf 4 verschiedene Weisen unter einander verbunden werden, nämlich:

- 1) alle Spiralen neben einander zu einer sechsfachen Parallelkette (Verbind. 1.).
- 2) je 3 nebeneinander und 2 hinter einander (Verbind. 2.).

3) je 2 neben einander und 3 hinter einander (Verbindung 3.).

4) alle 6 hinter einander, wo also der Draht ein fortlaufendes Ganze bildet (Verbind. 6.).

Um die Geschwindigkeit des Drehens oder die Zahl der vollen Umdrehungen des Eisenringes, an welchem die inducirten Cylinder befestigt sind, in einer gegebenen Zeit zu messen, brachte ich am obern Ende der Axe, über dem Commutator, einen Zähler an; ich liefs nämlich die Axe durch einen Messingcylinder verlängern, in welchem ein Schraubengewinde eingeschnitten war. An dieses Gewinde konnten 2 auf derselben Axe sitzende Zahnräder (das eine von 100, das andere von 101 Zähnen) angeschoben und mit ihm zum Eingreifen gebracht werden. Jedes der Räder führte beim Drehen seinen Zeiger herum, so dafs der Zeiger des einen Rades mit jedem Grade eine Umdrehung der Axe mafs, die Veränderung des Abstandes beider Zeiger aber die Zahl der ganzen Umdrehungen des ersten Rades zählte. Auf diese Weise wurde die Zahl der Umdrehungen der Axe der magneto-elektrischen Maschine unmittelbar von ihr selbst und unabhängig von dem etwanigen Gleiten der Darmsaite gemessen, die in Form eines Seils ohne Ende die Axe mit der Drehscheibe verband. Um dabei eine möglichst gleichmäfsige Geschwindigkeit des Drehens zu erreichen, bediente ich mich der Taktschläge eines Metronoms, deren Dauer ich beliebig modificiren konnte; mein Gehülfe bemühte sich die Drehung so zu bewerkstelligen, dafs immer eine Umdrehung auf einen Schlag des Metronoms kam, worin er bald die gehörige Uebung erlangte. Nur bei sehr langsamer Drehung wurden 2, ja zuweilen 4 Schläge des Metronoms auf eine Umdrehung genommen, was übrigens auch nicht viel schwieriger zu erreichen war. Da die Maschine 6 Magnetpole hatte, so entspricht jede Umdrehung 6 Stromwechseln.

Ich stellte meine ersten Versuche an, indem ich die Enden der inducirten Spirale mit einem Voltameter verband und den Strom durch die erhaltene Gasmenge mafs. Das

Vol-

Voltameter hatte blanke Elektroden und zeigte die von Hrn. Jacobi nachgewiesene Absorption der Gase, welche bei geschwärzten Elektroden so bedeutend ist, in so unbedeutendem Grade, daß sie nach Stunden kaum merklich war, also für die Dauer der gegenwärtigen Versuche (d. h. 2 oder 3 Minuten) durchaus für 0 angenommen werden kann. Der Commutator der Maschine hatte hierbei eine solche Stellung, daß bei der Ruhelage der inducirten Cylinder (d. h. wenn solche sich in der stärksten Anziehungslage der Magnete von selbst einstellten) der Strom unterbrochen und dann umgekehrt wurde, so daß er also, nach der bisherigen Annahme, durch das Voltameter immer in derselben Richtung hindurch ging. Wir werden später sehen, daß diese Ansicht modificirt werden muß. Die Beobachtung geschah auf folgende Art: der Gehülfe suchte die gewünschte Umdrehungsgeschwindigkeit zu erreichen, während die Inductionskette noch ungeschlossen war; nachdem mich ein Signal von ihm davon benachrichtigt hatte, daß es ihm gelungen war, verband ich die Enden der Inductionspirale mit dem Voltameter bei einem bestimmten Schlage des Chronometers und er las in demselben Augenblick den Stand des Zählers ab; es wurde in demselben Tempo fortgedreht bis genau eine Minute verflossen war und mit dem letzten Schlage des Chronometers die Verbindung aufgehoben, während der Gehülfe in demselben Augenblicke den Zähler aus dem Eingriffe der Schraube fortrückte; der Stand desselben, mit dem im Anfang beobachteten verglichen, gab die Anzahl der Umdrehungen in der Minute. Die nachfolgende Tabelle enthält die gewonnenen Resultate; die dort angegebenen Gasvolumina einer und derselben Reihe sind auf gleichen Druck und gleiche Temperatur reducirt, die Volumina verschiedener Reihen aber nicht, da es mir nicht darauf ankam, die absoluten Volumina zu vergleichen. Jede Zahl der nachfolgenden Tabelle ist das Mittel aus 3 oder 4 Beobachtungen.

Verbindung 1.		Verbindung 2.		Verbindung 3.		Verbindung 6.	
Um- dreh. in 1 Min.	Gasvol. in Cu- bikz. engl.	Um- dreh. in 1 Min.	Gasvol. in Cu- bikz. engl.	Um- dreh. in 1 Min.	Gasvol. in Cu- bikz. engl.	Um- dreh. in 1 Min.	Gasvol. in Cu- bikz. engl.
46,2	0	18,4	0,00	19,6	0	21,7	0,025
58,4	0	27,1	0,00	31,4	0,0001	32,4	0,050
85,8	0,0001	35,5	0,0001	44,0	0,055	43,7	0,086
92,9	0,0006	40,8	0,003	56,0	0,091	55,6	0,105
126,3	0,039	42,7	0,004	77,3	0,186	67,4	0,131
154,0	0,067	58,4	0,040	84,3	0,211	115,0	0,255
184,7	0,176	75,5	0,096	123,4	0,328	137,8	0,270
213,1	0,175	82,6	0,115	155,2	0,377	157,6	0,274
233,1	0,236	100,8	0,175	174,8	0,399	211,8	0,270
244,6	0,316	123,6	0,255	200,4	0,394	245,5	0,252
255,2	0,306	145,6	0,349	226,2	0,392	290,2	0,240
284,3	0,393	173,6	0,462	250,4	0,389	329,6	0,230
313,1	0,466	219,8	0,544	284,8	0,366	396,9	0,194
322,5	0,621	239,9	0,581	312,6	0,335	423,9	0,186
422,0	0,746	247,9	0,597	422,7	0,282		
427,0	0,748	284,2	0,637	473,2	0,261		
458,0	0,807	297,5	0,639	606,8	0,255		
502,5	0,890	329,6	0,656	629,3	0,243		
555,0	0,967	380,0	0,664	691,2	0,240		
585,8	0,984	419,0	0,653				
655,2	1,011	455,6	0,631				

Betrachten wir nun zuerst jede dieser Beobachtungsreihen für sich, wo die Volumina bei ein und demselben Druck und bei derselben Temperatur gemessen und also den Quantitäten der durchgegangenen Elektrizitätsmengen unmittelbar proportional sind, so finden wir in jeder von ihnen das von Weber gefundene Resultat bestätigt, in sofern die Gasvolumina keineswegs den Geschwindigkeiten proportional wuchsen, sondern bedeutend langsamer. Wir könnten also hier die Weber'sche Formel anwenden und die Schwächung des Stroms, wie es bisher geschah, der Coërcitivkraft des Eisens zuschreiben, allein die Vergleichung der bei den 4 Verbindungsarten erhaltenen Resultate, also der 4 Reihen unserer Tabelle unter einander, zeigt sogleich, daß diese Erklärung keinesweges ausreiche.

Wir finden nämlich, daß bei der Verbindung 1 der Strom immer noch zunimmt, obgleich die Geschwindigkeit bis auf 655,2 Umdrehungen in der Minute gesteigert ward,

dafs bei der Verbindung 2 aber bereits bei 380 Umdrehungen ein Maximum des Stroms eintritt, von wo an er bei gesteigerter Geschwindigkeit wieder abnimmt; dafs dieses Maximum bei der Verbindung 3 schon früher eintritt, nämlich bei 175 Umdrehungen in der Minute und bei Verbindung 6 endlich schon bei 158 Umdrehungen in der Minute. Bei allen 4 Verbindungsarten ist aber die Einwirkung der Magnete auf die Eisencylinder genau dieselbe, wenn also die nicht augenblicklich erfolgende Erregung des Magnetismus im Eisen die Ursache der Schwächung des Stroms wäre, so müfste sie sich bei allen 4 Verbindungsarten als gleichmäfsig wirkend erweisen, d. h. es müfste bei allen das Maximum des Stroms bei derselben Geschwindigkeit des Drehens eintreten, wenn auch der absolute Werth des Stroms bei jeder Verbindungsart ein anderer seyn wird, wegen Verschiedenheit der elektromotorischen Kraft und des Leitungswiderstandes der Kette in den verschiedenen Fällen.

Es stellte sich also aus diesen Versuchen die Nothwendigkeit heraus den Grund der Erscheinung noch in etwas Anderem zu suchen und dieses Andere durch fernere Versuche zu ermitteln. Bei den Versuchen mit dem Voltameter tritt aufser der elektromotorischen Kraft der magneto-elektrischen Maschine eine andere ihr ähnliche, nur in entgegengesetzter Richtung wirkende, Kraft auf, die sogenannte Polarisation der Platinelektroden, die von 0 beginnend mit der Kraft des Stroms wächst, bis sie endlich ein gewisses Maximum erreicht, bei welchem sie sich mit mehr oder minderer Beharrlichkeit erhält; wenn man nun die Geschwindigkeit der Umdrehungen allmählig wachsen läfst, so dafs also auch der Strom allmählig zunimmt, so tritt die Polarisation ebenfalls mit veränderlichem Werthe ins Spiel und die Resultate müssen dadurch complicirter werden. Diese Betrachtungen veranlafsten mich eine neue Versuchsreihe zu beginnen, in welcher die Polarisation ganz ausgeschlossen wurde; ich liefs nämlich die Ströme durch einen Multiplikator gehen, dessen Nadel durch einen an

derselben fixirten Platinflügel, der sich in einem Oelgefäße drehte, weniger mobil gemacht war, während die Einstellung doch mit völliger Schärfe geschah. Wenn die durch den Commutator immer nach einer Richtung gewendeten Inductionsströme auf einen solchen Multiplicator einwirken, so ist die Ablenkung der Nadel, trotz der Discontinuität der Ströme, dennoch eine constante; die Nadel steht entweder ganz still, oder schwankt nur innerhalb eines Grades hin und her, so daß es auch hier nicht schwer hält den mittleren Stand derselben aus den beobachteten Extremen herzu-  
leiten.

Der hierbei zuerst angewandte Multiplicator war nicht mein Nervander'scher, den ich im *Bullet. sc. phys.-math. T. I. p. 209* beschrieben habe<sup>1)</sup>, sondern ein späterer nach der Schweigger'schen Art construirter; er hat keine astatische Nadel, aber die eine Nadel ist von einer sehr vielwindigen, dünndrätigen Silberspirale umgeben, die ganz und gar frei von allem Magnetismus ist. Das Instrument besitzt alle Vorrichtungen um es genau berichtigen zu können, indem der Rahmen mit den Drahtwindungen in jedes Azimut vermittelt einer Mikrometervorrichtung genau eingestellt und die Nadel genau centrirt werden konnte. Ich habe die Angaben des Instruments durch eine empirische Berichtigung, vermittelt mehrfach beobachteter ausführlicher Beobachtungsreihen, auf ein genaues Maafs reducirt und zu dem Zweck eine Correctionstabelle entworfen, die sich bis auf Ablenkungen von  $60^{\circ}$  erstreckt; auch habe ich die Richtigkeit dieser Tabelle mehrfach geprüft, allein da die im Folgenden anzuführenden Versuche und die aus ihnen hergeleiteten Folgerungen der Art sind, daß sie wahr bleiben, wenn auch die Correctionen nicht völlig genau sind, so glaube ich, daß es hier nicht der Ort ist, hierauf ausführlicher einzugehen und die Versuche, auf welchen die Berichtigung des Multiplicators gegeben wurde, ausführlich anzuführen; ich erwähne nur nochmals, daß die in dem folgenden angegebenen Stromstärken nach der Tabelle cor-

1) S. Ann Bd. 59. S. 203. (P.)

rigirt und also als genau anzusehen sind. Ich werde diesen Multiplicator den Schweigger'schen nennen und mit (S) bezeichnen, während der Nervander'sche durch (N) angedeutet werden soll. Der Multiplicator (S) ist von (N) durch seine bei weitem größere Empfindlichkeit unterschieden; vermittelt einer mühevollen Untersuchung, die aber hier auseinanderzusetzen von keinem Nutzen seyn würde, hatte ich ermittelt, daß der Multiplicator (S) 450 mal empfindlicher als (N) ist, d. h. daß ein Strom, der (N) um  $1^\circ$  ablenkt, 450 mal geschwächt werden müßte, wenn er an (S) ebenfalls  $1^\circ$  Ablenkung geben sollte. Ich nehme indessen für (S) den Strom als Einheit an, welcher die Nadel um  $1^\circ$  ablenkte; die Einstellung der Nadel konnte bis auf 2 Minuten beobachtet werden.

Ehe ich aber an die beabsichtigten Beobachtungen ging, mußte ich, um eine genaue Einsicht in alle Umstände zu erlangen, welche auf die durch die Störhr'sche Maschine erregten Inductionsströme von Einfluß sind, die Widerstände der Inductionsspiralen dieser Maschine für alle 4 Verbindungsarten bestimmen. Dieses geschah auf die gewöhnliche Weise, indem ich einen constanten galvanischen Strom durch die Inductionsspiralen hindurch liefs, denselben am Multiplicator (N) maß, und dann statt der Spiralen meinen Agometer substituirte; auf diese Weise erhielt ich folgende Widerstände, bei denen der constante Widerstand des für alle Verbindungsarten gebrauchten Verbindungsdrahts schon mit eingerechnet ist:

Widerst. d. Inductionsspir. f. Verbind. 1. . 1,15 Agometerwind.

2. . 3,47

3. . 7,23

6. 29,11

Als ich die Störhr'sche Maschine mit dem Multiplicator (S) in Verbindung setzte, so ergab sich sogleich, daß die durch sie erregten Ströme viel zu stark waren; die Nadel wurde sogleich bis auf  $90^\circ$  fortgeschleudert. Ich mußte also durch Vergrößerung des Widerstandes die Ablenkungen innerhalb der Grenzen der Ablenkungen zwischen 0

und  $60^\circ$  zu bringen suchen. Um dieses auf eine Weise zu erreichen, welche mir gestattete die Gröfse des eingeschalteten Widerstandes genau zu kennen, construirte ich mir den folgenden Apparat: auf 8 Marmoreylindern von 3" Durchmesser wurde ein feines Schraubengewinde geschnitten und in dasselbe ein Neusilberdraht spiralförmig aufgewunden; da der Widerstand jeder dieser 8 Spiralen viel zu grofs war, um mit dem Agometer verglichen werden zu können, so wurde derselbe theilweise bestimmt, indem ein Tasterapparat an 2 Stellen der Spirale angedrückt und auf diese Weise eine beliebige Anzahl von Windungen in die galvanische Kette eingeschaltet wurde. Eine auf diese Weise von einem Ende der Spirale bis zum andern fortschreitende Messung gab, nach Summirung der einzelnen Widerstände, den Widerstand jeder der 8 Spiralen und deren Summe wiederum den Widerstand des ganzen Widerstand-Systems. Dieses System war in einen Kasten eingelassen, aus dem nur die Enden der Spiralen hervorragten, so dafs eine beliebige Anzahl derselben verbunden werden konnte und dafs ich, mit Hinzufügung einer 9ten ähnlichen Spirale, alle Widerstände zwischen den Gränzen 0 und 4800 Agometerwindungen zusammensetzen und messen konnte.

Es ergab sich nun, dafs wenn ich den Strom mittelst der magneto-elektrischen Maschine auf den Multiplicator ( $S$ ) einwirken lassen wollte, ich aufser dem Widerstand der Maschine selbst und den Widerstand des Multiplicators  $= 7,13$ , noch einen Widerstand von 6746,14 einschalten mufste, um Ablenkungen zwischen 0 und  $60^\circ$  zu erlangen; dieses giebt im Ganzen einen Widerstand  $= 6753,27$  aufser dem Widerstand der Inductionsrollen. Gegen diesen grofsen Widerstand kann der Widerstand der Inductionsrollen, der selbst bei der Verbindung 6 nach dem Obigen nur 29,11 beträgt, vernachlässigt werden und man kann also annehmen, dafs hier bei allen 4 Verbindungsarten der Widerstand der Ketten immer derselbe ist, d. h. man kann annehmen, dafs die *Stromstärken den elektromo-*

torischen Kräften unmittelbar proportional sind. Der Multiplicator (*S*) dient also auf ähnliche Weise wie der von Fechner gebrauchte Multiplicator von sehr viel Windungen, nur mit dem Unterschiede, daß hier der größte Theil des Widerstandes nicht, wie bei Fechner, dem Multipliatordraht selbst angehört, sondern dem eingeschalteten Widerstandssysteme.

Die Versuche mit dem Multiplicator wurden ganz in der Art angestellt, wie bei der Wasserzersetzung, die Anzahl der Umdrehungen sind auch hier unmittelbar an der Umdrehungsaxe gemessen. Die folgenden 4 Tabellen enthalten die gewonnenen Resultate; auf welche Weise die dritte und vierte Columnne erhalten worden sind, wird weiter unten erläutert werden.

## (I.)

## Für Verbindung 1.

Zahl der Umdrehungen in 1 Minute.	Stromstärke		
	beobachtet.	berechnet.	Differenz.
84,7	3,49	3,18	+ 0,31
172,0	6,40	6,16	+ 0,24
240,6	8,35	8,27	+ 0,08
293,7	9,79	9,82	- 0,03
336,5	11,00	10,96	+ 0,04
353,8	11,27	11,40	- 0,13
461,6	13,70	13,90	- 0,20
579,1	16,92	16,10	- 0,18
691,0	17,91	17,69	+ 0,22

## Für Verbindung 2.

Zahl der Umdrehungen in 1 Minute.	Stromstärke		
	beobachtet.	berechnet.	Differenz.
156,9	13,13	11,72	+ 1,41
268,3	18,37	18,50	- 0,13
343,9	21,84	22,36	- 0,52
409,9	24,98	25,25	- 0,27
473,8	27,40	27,62	- 0,22
524,2	29,36	29,19	+ 0,17
588,0	31,35	30,80	+ 0,55

## Für Verbindung 3.

Zahl der Umdrehungen in 1 Minute.	Stromstärke		
	beobachtet.	berechnet.	Differenz.
156,1	19,09	17,39	+ 1,70
267,0	27,72	27,58	+ 0,14
346,3	33,21	33,78	- 0,57
408,8	37,09	38,01	- 0,92
470,7	41,04	41,65	- 0,61
530,1	44,06	44,61	- 0,55
589,4	47,80	47,06	+ 0,74

## Für Verbindung 6.

Zahl der Umdrehungen in 1 Minute.	Stromstärke		
	beobachtet.	berechnet.	Differenz.
84,1	20,86	19,21	+ 1,65
134,1	31,16	29,72	+ 1,44
165,5	37,29	35,98	+ 1,31
171,0	39,22	37,05	+ 2,17
205,1	44,89	43,49	+ 1,40
270,5	54,59	54,98	- 0,39
340,3	65,23	65,96	- 0,73
402,2	74,13	74,60	- 0,47

Bei graphischer Construction der beobachteten Stromstärken, für welche die Abscissen den Drehungsgeschwindigkeiten, die Ordinaten den Stromstärken proportional genommen wurden, ergaben sich krumme Linien, die ein parabolisches Ansehen zeigten; ich suchte sie durch die Gleichung

$$F = an - bn^2$$

darzustellen, wo  $F$  die Stromstärke,  $n$  die Zahl der Umdrehungen in 1 Minute,  $a$  und  $b$  aber Constanten bedeuten, die aus den Beobachtungen herzuleiten sind; diese Constanten bestimmte ich für jede Verbindung besonders, nach der Methode der kleinsten Quadrate, und erhielt auf diese Weise folgende 4 Formeln:

für Verbindung 1	$F = 0,03918 n - 0,00001964 n^2$
2	$F = 0,08286 n - 0,00005184 n^2$
2	$F = 0,12275 n - 0,00007279 n^2$
6	$F = 0,23970 n - 0,00013481 n^2$

Die nach diesen Formeln berechneten Werthe für  $n$  sind in der dritten Columnne unserer Beobachtungstabellen gegeben; die Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung, welche die vierte Columnne giebt, lassen zwar Manches zu wünschen übrig und würden auf jeden Fall geringer ausgefallen seyn, wenn ich noch ein drittes, mit  $n^3$  multiplicirtes Glied hinzugefügt hätte; allein zu meinem Zwecke schien mir die hier erreichte Genauigkeit hinreichend; ich interpolirte nach diesen Formeln die Stromstärken für die Anzahl der Umdrehungen

100, 200, 300, 400 und 600

und erhielt hiefür folgende Werthe der Stromstärken:

(II.)

Anzahl der Umdrehungen in 1 Minute.

	100	200	300	400	500	600
Stromstärke f. Verb. 1.	3,72	7,05	9,98	12,53	14,68	16,44
- - 2.	7,77	14,50	20,19	24,85	28,47	31,05
- - 3.	11,54	21,64	30,17	37,45	43,18	47,44
- - 6.	22,62	42,55	59,78	74,13	86,15	95,28

Da nach dem früher Gesagten die vom Multiplicator ( $S$ ) beobachteten Stromstärken den elektromotorischen Kräften proportional sind, so drücken also die in obiger Tabelle enthaltenen Zahlen die *elektromotorischen Kräfte* aus. Betrachten wir nun zuerst die in einer und derselben verticalen Columnnen enthaltene Werthe der elektromotorischen Kräfte, so ist es leicht zu zeigen, daß diese Werthe nahezu den zur Bezeichnung der Verbindungsart gebrauchten Zahlen 1, 2, 3 und 6 proportional seyn müssen. Denn der Einfluß der Schwächung des Stromes durch die Geschwindigkeit des Drehens ist auf alle diese Zahlen derselbe, da sie bei ein und derselben Geschwindigkeit beobachtet wurden; andererseits ist es aber bekannt, daß in den magneto-elektrischen Maschinen die elektromotorische Kraft einer, aus einer beliebigen Anzahl gleicher Neben-

schliessungen bestehenden, Inductionsspirale so groß ist, wie die jeder einzelnen Nebenschliessung. An unserer Maschine bestehen alle 6 elektromotorischen Spiralen aus gleich viel Windungen und sind auf Eisencylinder gewunden, die aus derselben Eisenstange geschnitten sind, man kann sie also als nahezu gleich ansehen, und directe Versuche überzeugten mich davon in Bezug auf ihren Leitungswiderstand. Es muß also die elektromotorische Kraft jeder unserer 4 Verbindungen der Anzahl der hinter einander verbundenen Spiralen proportional seyn, und diese wird eben durch die sie bezeichnenden Zahlen ausgedrückt. Um zu prüfen, ob unsere Versuche dieses bestätigen, bezeichne ich z. B. für die Geschwindigkeit 100 die elektromotorische Kraft der Verbindung 1 mit  $x$ ; so habe ich die Gleichungen:

$$3,72 = x$$

$$7,77 = 2x$$

$$11,54 = 3x$$

$$22,62 = 6x,$$

hieraus giebt mir die Methode den kleinsten Quadrat  $x = 3,795$ . Setze ich diesen Werth in unsere Gleichungen, so zeigen die Differenzen der, auf der rechten Seite des Gleichungszeichens stehenden, berechneten Werthe und der, auf der linken Seite stehenden, beobachteten Werthe, durch ihre Größe und ihre Zeichenvertheilung, ob die Proportionalität der gefundenen elektromotorischen Kräfte mit den Zahlen 1, 2, 3 und 6 stattfindet oder nicht. Nachdem ich diese Rechnung für alle Geschwindigkeiten unserer Tabelle ausgeführt hatte, erhielt ich für die

	100	200	300	400	500	600
$x =$	3,795	7,125	9,997	12,409	14,361	15,85

und die Differenzen der mit diesen Werthen von  $x$  erhaltenen elektromotorischen Kräfte, wenn ich sie von den beobachteten Werthen in Tabelle (III.) abziehe, sind dann:

## für die Geschwindigkeiten:

	100	200	300	400	500	600
Verbindung 1.	- 0,07	- 0,07	- 0,07	+ 0,12	+ 0,32	+ 0,59
- 2.	+ 0,18	+ 0,05	+ 0,20	+ 0,03	- 0,25	- 0,65
- 3.	+ 0,16	+ 0,26	+ 0,28	+ 0,22	+ 0,10	- 0,11
- 6.	- 0,15	- 0,20	- 0,20	- 0,14	- 0,02	+ 0,18

Ziehen wir in Betracht, daß die Gleichheit der elektromotorischen Kräfte der einzelnen Spiralen doch keine vollkommene ist und daß bei Versuchen dieser Art die Nadel immer einigen Schwankungen unterworfen ist, so daß bei den Beobachtungen die Gränze der Fehler größer ist als die Genauigkeit der Ablesung, so werden wir aus der Unbedeutenheit der gefundenen Differenzen und besonders aus der unregelmäßigen Vertheilung der Zeichen schließen müssen, daß die Erfahrung mit der theoretisch hergeleiteten Proportionalität der elektromotorischen Kräfte und der Zahlen, welche die Verbindungsart anzeigen, übereinstimmt.

Wollen wir nun suchen, was sich aus der Vergleichung der bei verschiedenen Geschwindigkeiten erhaltenen elektromotorischen Kräfte ergibt. Wir bemerken zuerst, daß bei keiner Geschwindigkeit ein Maximum der elektromotorischen Kräfte eintritt, wie solches so auffallend bei den Versuchen mit der Wasserzersetzung war; indessen sind die Werthe der elektromotorischen Kräfte doch weit davon entfernt, den Geschwindigkeiten proportional zu seyn. Am besten ersehen wir dieses bei Betrachtung der für die verschiedenen Geschwindigkeiten früher gefundenen Werthe von  $x$ , welche die aus allen 4 Verbindungsarten abgeleiteten Werthe der elektromotorischen Kraft für einen Cylinder darstellen. Multipliciren wir dieses  $x$  für die Geschwindigkeit 100, mit 2, 3, 4, 5, 6, so müßten diese berechneten Werthe, wenn die Drehungsgeschwindigkeiten und elektromotorischen Kräfte proportional wären, den Werthen von  $x$  für die Geschwindigkeiten 200, 300, 400, 500, 600 gleich seyn, was aber ganz und gar nicht der Fall ist, wie die folgenden Zahlen zeigen:

für die Geschwindigkeiten:

	100	200	300	400	500	600
berechn. elektrom. Kräfte	3,79	7,59	11,39	15,18	18,98	22,77
Werthe von $\alpha$ . . .	3,79	7,12	10,00	12,41	14,36	15,75
Differenzen . . .	0,00	0,47	1,39	2,77	4,62	6,92.

Wollen wir die Schwächung der elektromotorischen Kraft bei vermehrter Geschwindigkeit, wie sie sich hier ergibt, aus der Trägheit erklären, mit welcher das Eisen den Magnetismus annimmt, so werden wir die folgenden Schlüsse machen können. Es sey der Magnetismus, den ein Eisencylinder bei der Geschwindigkeit 0 annehmen kann,  $= m$  und es nehme dieser Magnetismus bei der Umdrehungsgeschwindigkeit 1 um die Größe  $q$  ab; kann man die Schwächung der Geschwindigkeit proportional setzen, so wird sie für die Drehungsgeschwindigkeit  $n$  durch  $qn$  ausgedrückt werden und folglich der Magnetismus bei dieser Geschwindigkeit durch  $m - nq$ . Die elektromotorische Kraft ist aber diesem Magnetismus proportional und der Zahl, welche ausdrückt wie oft ein solcher Magnetismus in der Zeiteinheit erregt wird, d. h. der Drehungsgeschwindigkeit; die elektromotorische Kraft  $k$  wird also bestimmt werden durch die Gleichung

$$k = (m - nq) n = mn - qn^2$$

Dies ist aber gerade die Formel, nach welcher wir früher die Stromstärken interpolirten, nur ist der dortige Coëfficient  $a$  durch  $m$ , und  $b$  durch  $q$  ausgedrückt und wir haben bereits dort gesehen, daß sich diese Formel ziemlich gut den Beobachtungen anschmiegt. Es scheint also hieraus sich zu ergeben, daß die mit dem Multiplicator (S) gewonnenen Resultate sich allerdings aus der Coërcitivkraft oder der Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus erklären lassen; dann stehen diese Versuche aber in offenbarem Widerspruch mit den durch Wasserzersetzung erhaltenen Resultaten. Um diesen Widerspruch zu erklären, können wir 2 Umstände ins Auge fassen, die bei beiden Versuchsreihen verschieden waren; *erstlich* nämlich die

Polarisation der Elektroden, die beim Wasserzersetzungsges-  
 apparat wirksam ist, bei den Versuchen mit dem Multipli-  
 cator (S) aber nicht, und zweitens die mehr als 400 mal  
 schwächeren Ströme bei letzteren Versuchen. Um diesen  
 letzten Umstand näher zu ermitteln, schritt ich nun zu  
 einer dritten Versuchsreihe, bei welcher ich den Inductions-  
 strom der Störers'schen Maschine auf meinen Nervander's-  
 chen Multiplikator einwirken liefs; ich erinnere hier daran,  
 dafs dieser Multiplikator (diese Annal. Bd. LIX. S. 203)  
 eine Tangentenboussole ist, die, bis auf 40° Ablenkung,  
 die Proportionalität der Stromstärken mit den Tangenten  
 der Ablenkungswinkel in aller Strenge beibehält. Auch  
 hier vermindert ein Flügel in einem Oelgefäfs die Schwan-  
 kungen der Nadel. Der Widerstand dieses Multiplikators  
 mit seinen Hilfsdrähten beträgt 3,008 <sup>1</sup>). Die Kette bestand  
 aus den Störers'schen Inductionsspiralen, dem Multiplikator-  
 draht und den zur Verbindung nöthigen Hilfsdrähten. Die  
 erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle ent-  
 halten:

## (III.)

Verbindung 1.		Verbindung 2.		Verbindung 3.		Verbindung 6.	
Zahl d. Um- dreh.	Strom- stärke.	Zahl d. Um- dreh.	Strom- stärke.	Zahl d. Um- dreh.	Strom- stärke.	Zahl d. Um- dreh.	Strom- stärke.
89,4	10,52	63,8	8,65	85,3	8,47	93,4	6,02
145,0	14,82	113,6	12,96	87,5	9,07	120,5	6,29
176,5	17,62	170,0	15,20	108,5	10,38	145,1	6,19
227,0	19,92	203,5	16,09	132,0	11,14	180,6	5,46
272,6	21,90	234,0	16,06	170,0	11,81	251,1	4,48
287,5	22,18	258,8	16,79	204,4	11,46	287,4	4,20
315,6	22,85	262,4	16,63	268,0	10,65	350,8	3,75
333,0	23,49	294,2	16,39	342,0	9,42	456,3	3,17
347,7	24,52	342,5	16,03			515,9	2,92
357,2	24,89	403,3	15,11			580,6	2,72
447,2	26,51	470,3	14,05			620,4	2,64
532,4	27,76					688,2	2,40
576,0	28,28					707,4	2,30
610,9	28,48						
619,1	28,67						
705,0	28,71						

1) In meiner Abhandlung (S. 226) habe ich den Widerstand der Mul-  
 tiplikatoradrähte = 2,338 und den der Hilfsdrähte = 0,859 angegeben,

Betrachten wir diese Reihen (IV.), so ergibt sich so gleich:

dafs bei der Verbindung 1 die Ströme bei vermehrter Geschwindigkeit des Drehens zwar immer weniger an Stärke zunehmen, dafs aber kein Maximum derselben eintritt;

dagegen zeigt die Verbindung 2 ein solches Maximum bei der Anzahl von 260 Umdrehungen in der Minute;

die Verbindung 3 giebt das Maximum bereits bei 170 Umdrehungen in der Minute;

endlich Verbindung 6 bei 120 Umdrehungen.

Wir finden also hier die mit dem Voltameter gemachten Erfahrungen vollständig bestätigt; das Maximum des Stromes tritt entweder gar nicht ein (wie bei Verbindung 1) innerhalb der Gränzen der erreichten Geschwindigkeiten, oder es tritt um so eher ein, je weniger Cylinder neben einander, und je mehr hinter einander verbunden sind. Wir werden also auch hier wie dort schliessen müssen, dafs es nicht die Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus seyn könne, welche die Schwächung der Ströme veranlafst, sondern das die Ursache in etwas Anderem zu suchen sey. Allein die Versuche (IV.) zeigen auch, dafs die Polarisation der Elektroden nicht von Einfluß sey, da eine solche hier gar nicht stattfindet, wir brauchen uns also auch nicht mit der Beobachtung der Einwirkung einer solchen zu befassen, obgleich es nicht schwer ist theoretisch die Unzulänglichkeit einer solchen nachzuweisen. Vergleicht man ferner diese Versuche (IV) mit denjenigen, welche mit Anwendung des Multiplicator (S) gemacht worden sind, und die für keine Verbindungsart ein Maximum gaben, so sind wir gezwungen zuzugeben, dafs der Eintritt des Maximums durch die Stromstärke bedingt werde, denn diese ist bei beiden Versuchen in hohem Grade verschieden.

Eine fernere Bestätigung dieses Satzes finden wir in der

*bezogen auf das Agometer (A).* Die Zahlen müssen, um auf mein jetziges Normal-Agometer bezogen zu werden, mit 0,941 multiplicirt werden, wobei man für den ersten Widerstand 2,200 und für den zweiten 0,808 erhält, also für die Summe 3,008.

Beobachtungsreihe (IV.) mit dem Multiplicator (N). Hier geht bei der Verbindung 6, wo alle Inductionsspirale hinter einander verbunden sind, der ganze am Multiplicator gemessene Strom durch jede Spirale; bei der Verbindung 3 aber, wo je 2 Inductionsspiralen neben einander verbunden sind, geht durch jede nur  $\frac{1}{2}$  des gemessenen Stromes, und aus eben dem Grunde bei Verbindung 2 nur  $\frac{1}{3}$ , bei Verbindung 1 endlich nur  $\frac{1}{6}$  des gemessenen Stromes. Betrachten wir nun in den Versuchsreihen mit den Verbindungen 6, 3, 2, bei welchen ein Maximum stattfindet, die Stromstärken, bei welchen dasselbe eintritt und berechnen hieraus die Stromstärken in jeder Inductionsspirale, so erhalten wir:

f. d. Verb. 6:	Stromst. d. Max.	6,29, in jed. Spir.	$\frac{6,29}{1} = 6,29$
- 3	-	11,81	$\frac{11,81}{2} = 5,90$
- 2	-	16,79	$\frac{16,51}{3} = 5,57$

woraus wir ersehen, dafs die Maxima in der That beinahe bei gleichen Stromstärken jeder einzelnen Spirale eintreten. Diesem widerspricht auch die Reihe der Versuche mit Verbindung 1 keineswegs; der stärkste Strom bei der grössten Geschwindigkeit 705 ist dort  $= 28,72$ , folglich der Strom in jeder Spirale  $\frac{28,72}{6} = 4,78$ ; diese Zahl ist bedeutend geringer als die für die Stromstärken der Maxima der früheren Verbindungen, es ist also natürlich, dafs hier noch kein Maximum eingetreten ist.

Um diesen Satz, dafs der Eintritt des Maximum's der Stromstärken durch die Stärke des Stromes selbst bedingt werde, einer neuen Prüfung zu unterwerfen, stellte ich die folgenden Versuche mit der Verbindung 6 an. Ich vermehrte nämlich in der Kette die Widerstände durch Einschaltung eines Agometers; dadurch wurden die Stromstärken bei ein und derselben Geschwindigkeit des Drehens natürlich schwächer; wenn also die Maxima von den Stromstärken bedingt werden, so mufsten sie bei einer um so

größern Geschwindigkeit eintreten, je größer der Widerstand der Kette war. Die Beobachtungen ergaben Folgendes:

### Verbindung 6.

(IV.)

Stand d. Agom. = 0.		Stand d. Agom. = 30.		Stand d. Agom. = 60.		Stand d. Agom. = 90.	
Ge- schwind.	Strom- stärke.	Ge- schwind.	Strom- stärke.	Ge- schwind.	Strom- stärke.	Ge- schwind.	Strom- stärke.
79,2	6,00	129,1	5,36	204,4	4,98	291,6	5,01
105,4	6,72	165,6	5,80	238,9	5,36	320,4	5,13
120,3	7,03	171,5	5,87	268,8	5,56	335,5	5,20
130,0	6,92	183,3	6,00	296,5	5,65	396,5	5,37
148,3	6,96	201,6	6,09	319,4	5,61	460,0	5,42
155,2	6,80	208,4	6,13	351,0	5,56	527,4	5,35
171,0	6,62	232,8	6,02	403,2	5,45	582,4	5,23
139,6	5,94	266,6	5,94	427,4	5,31		
363,6	5,33	297,4	5,71	561,9	5,21		
		344,7	5,54				
		404,6	5,14				

Wir sehen aus diesen Versuchen, daß in der That die Maxima um so später eintreten; je größer die Widerstände sind. Um die Widerstände der ganzen Kette zu finden, muß zu den vom Agometer angegebenen noch der Widerstand der Inductionsspiralen mit ihren Verbindungsdrähten = 29,11 und der Widerstand des Multiplicators mit seinen Hilfsdrähten = 3,08 hinzugefügt werden; dann erhalten wir:

bei d. Widerst. 32,19 Geschwind. d. Max. = 120 Umdrehun-  
 - - 62,19 - - = 208 gen in der  
 - - 92,19 - - = 296 Minute.  
 - - 122,19 - - = 490 -

Wir könnten nun auch sogleich untersuchen, ob die Maxima bei den verschiedenen Widerständen immer ein und derselben Stromstärke entsprechen, allein da die obigen Reihen an verschiedenen Tagen angestellt wurden, an welchen die Störher'sche Maschine vielfach in Anspruch genommen ward, so durfte ich nicht annehmen, daß die elektromoti-

tori-

torische Kraft derselben sich völlig unverändert erhalten hatte, ich zog es daher vor zur Entscheidung obiger Frage eine besondere Versuchsreihe anzustellen, in welcher ich bei allen 4 Widerständen nur die Maxima der Ströme, bei den aus den frühern Reihen entlehnten Geschwindigkeiten, bestimmte und zwar in einer hin- und hergehenden Reihe, d. h. so, daß ich die Bestimmung zuerst für die Agometerangaben 0, 30, 60, 90 und dann rückwärts 90, 60, 30, 0 anstellte. Auf diese Weise erhielt ich im Mittel:

für den Widerstand 32,19 Max. d. Stroms	= 6,54
62,19	= 5,86
92,19	= 5,51
122,19	= 5,38.

Wir sehen, daß die Maxima in der That, trotz der fast aufs Vierfache getriebenen Verstärkung der Widerstände, fast bei denselben Strömen eintreten, nur ist es nicht zu verkennen, daß bei größern Widerständen, also auch bei größern Drehungsgeschwindigkeiten, die Maxima der Ströme regelmäßig etwas geringer ausfallen, ganz wie wir es bereits oben bei den verschiedenen Verbindungsarten gefunden haben.

So hat sich denn aus den bisherigen Untersuchungen der Erfahrungssatz ergeben, daß die Ursache der Nichtproportionalität des Wachstums der elektromotorischen Kraft und der Drehungsgeschwindigkeit der magneto-elektrischen Maschinen, nicht in der Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus ihren Hauptgrund habe, sondern daß die geringere Steigerung der elektromotorischen Kraft vorzüglich durch die Stärke des erregten Stromes bedingt werde; diese Schwächung der elektromotorischen Kraft muß also durch eine Rückwirkung des Stromes in den inducirten Spiralen auf die inducirenden Eisencylinder herrühren, welche Rückwirkung sich nur als Magnetisirung äußern kann. Diese Schlussfolge hat mich dazu geführt mir folgende theoretische Ansicht über den Hergang der Sache zu entwerfen, die sich am besten durch eine graphische Construction deutlich machen läßt. (Fig. 4. Taf. II.)

Es möge die Linie  $NN'$  die Bewegungsrichtung eines der inducirten Eisencylinder vorstellen; bei  $N$  stehe er einem der Magnetpole gegenüber, der ihm einen Nord-Magnetismus mittheilt, bei  $S$  stehe er dem folgenden entgegengesetzten Magnetpol gegenüber, der ihm einen eben so starken Süd-Magnetismus mittheilt, und bei  $N'$  erlange er wiederum seinen anfänglichen Nord-Magnetismus, so daß der betrachtete Eisencylinder von  $N$  bei  $N'$  eine volle Periode seines veränderlichen Magnetismus durchlaufen hat; bei meiner Störcher'schen Maschine vollendet jeder der inducirten Eisencylinder, während einer vollen Umdrehung, 3 solcher Perioden, allein die folgenden beiden Perioden können der ersten vollkommen gleich angenommen werden, wir haben also nur den Vorgang in einer der Perioden zu betrachten, die Wirkung mit 3 zu multipliciren und die Erscheinung bei einer vollen Umdrehung ist damit ermittelt. Wir nehmen fürs erste an, daß der Magnetismus sich dem Eisen augenblicklich mittheile, daß also der stärkste Magnetismus des Eisencylinders genau in den Lagen  $N$ ,  $S$  und  $N'$  eintrete. Wir wollen die Stärke dieses Magnetismus in diesen Punkten durch 3 gleiche senkrechte Ordinaten  $NA$ ,  $SB$  und  $N'C$  ausdrücken, von welchen  $SB$  nach unten gerichtet ist, weil der südliche Magnetismus bei  $S$  den nördlichen Magnetismen bei  $N$  und  $N'$  gerade entgegengesetzt ist. Drücken wir die Stärke des erregten Magnetismus an jedem andern Punkte durch eine ihr entsprechende Ordinate aus, so wird dadurch eine krumme Linie  $ADBE C$  construirt, welche die Veränderung des Magnetismus des Eisencylinders während einer vollen Periode anzeigt. Zwar möchte es für jetzt noch unmöglich seyn, das Gesetz der Krümmung dieser Linie anzugeben, allein wenigstens wird sie in den Punkten  $A$ ,  $B$ ,  $C$  ihre größte Entfernung von der Abscissenlinie  $NN'$  erreichen und in den gerade in der Mitte liegenden Punkten  $D$  und  $E$  wird sie dieselbe scheiden, denn in diesen Punkten  $D$  und  $E$  ist der Cylinder gerade eben so entfernt von einem Nordpol des Magneten, als von einem Südpol, so daß er, bei Vor-

aussetzung gleicher Stärke der Pole, gar keinen Magnetismus zeigen kann; übrigens werden die nächsten Folgerungen, die wir aus diesen Betrachtungen ziehen, unabhängig seyn von dem Krümmungsgesetz dieser Linie.

Indem sich nun der Nordmagnetismus des Eisencylinders während der Bewegung von  $N$  bis  $D$  von der Gröfse  $NA$  bis auf 0 vermindert, inducirt er in der den Cylinder umgebenden Spirale in jedem Moment eine elektromotorische Kraft, die einen Strom in derselben veranlaßt, dessen *Richtung* mit der Richtung der Ampère'schen Ströme des magnetischen Cylinders zusammenfällt, dessen Gröfse aber in jedem Moment der in ihm stattfindenden Schwächung des Magnetismus proportional ist, also durch die Neigung der Tangente der krummen Linien  $ADBE$ , für die dem Moment entsprechenden Abscisse, angedeutet wird. Die elektromotorische Kraft (und also auch der Strom) wird daher bei  $N=0$  seyn, weil hier die Neigung der Tangente gegen der Abscissenlinie 0 ist, sie wird bei  $D$  ihr Maximum erreichen, weil hier die Neigung der Tangente am größten ist, und wird bei weiterer Fortbewegung des Cylinders bei  $S$  wieder 0 werden, bei  $E$  wieder ihr Maximum (nur bei entgegengesetzter Richtung des Stromes) erreichen und endlich bei  $N'$  wieder 0 werden. Der Strom wird in seiner Stärke außerdem von dem Widerstande der Kette bedingt werden, er wird aber immer dieselben Phasen durchlaufen, so daß seine Veränderung durch die krummen Linien  $NaSbN'$  wird dargestellt werden können, für welche übrigens die Länge der größten Ordinaten  $Da=Eb$  willkürlich angenommen worden ist. Allein dieser inducirte Strom muß seinerseits wiederum Magnetismus in dem Eisencylinder hervorrufen, den wir den *secundären* Magnetismus nennen wollen, zum Unterschiede von dem durch den Magneten erregten Magnetismus, der der *primäre* heißen mag; der secundäre Magnetismus wird in jedem Punkte dem hier wirkenden Strome an Stärke proportional seyn und seine Richtung wird so bezeichnet werden müssen, daß positiven Ordinaten des Magnetismus auch positive des

Stromes entsprechen und umgekehrt, negativen Ordinaten des Magnetismus auch negative des Stroms; es wird daher die krumme Linie, welche den secundären Magnetismus in jedem Punkte angiebt, ganz dieselben Phasen haben, wie die Linie des Stromes; da außerdem die absoluten Gröfsen der Ordinaten von uns willkürlich angenommen wurden, so können wir uns, zur Vereinfachung der Figur, vorstellen, dafs dieselbe krumme Linie  $NaSbN'$ , welche den inducirten Strom repräsentirt, auch die Stärke des secundären Magnetismus von jedem Punkte ausdrücke. Dieser sich in jedem Augenblicke ändernde secundäre Magnetismus des Eisencylinders endlich wird aber mit eben dem Recht wiederum eine *secundäre elektromotorische* Kraft in den Spiralen erzeugen, wie der primäre Magnetismus und ganz analoge Betrachtungen, wie wir sie dort anstellten, führen uns dazu, dafs diese elektromotorische Kraft in jedem Punkte durch die krumme Linie  $A'DB'EC'$  wird ausgedrückt werden können; die *wirklich stattfindende* elektromotorische Kraft wird also an jedem Punkte durch Summirung der primären und secundären elektromotorischen Kraft erhalten werden, oder in unserer Figur durch Summirung der denselben Punkten der Abscissenaxe angehörigen Ordinaten der krummen Linien  $NaSbN'$  und  $A'DB'EC'$ ; führt man diese Summirung wirklich aus, so erhält man die krummen Linien  $A'\alpha\beta\gamma\delta C'$ , welche die Veränderung der wirklich stattfindenden elektromotorischen Kraft, also auch, bei Schließung der Kette durch denselben Draht, die Veränderung des wirklich stattfindenden Stromes, den wir am Multiplicator oder am Voltameter messen, ausdrückt.

Betrachten wir nun diese Linie genauer, so finden wir folgendes:

- 1) Die Summe der Elementarströme während einer vollen Periode, also der ganze am Multiplicator gemessene Strom, wird durch Entstehung des secundären Stromes weder vermindert noch vermehrt; diese Summe wird nämlich durch die Flächenräume ausgedrückt, welche von den krummen Linien und der Abscissenaxe eingeschlossen werden

und unsere Figur zeigt, daß die Stücke des secundären Stroms  $N'AD$  und  $B'SE$  dem primären Strome entgegenwirken (da sie gegen die gleichzeitigen Flächenräume der letzten  $NaD$  und  $SBE$  auf verschiedenen Seiten liegen), daß aber dafür die mit ersten ganz gleich großen Stücke  $DB'S$  und  $EN'C'$  mit dem Stücke des primären Stromes  $DaS$  und  $EBN'$  zusammenwirken.

2) Es werden die Punkte, wo der wirklich stattfindende Strom 0 wird und in einen Strom von entgegengesetzter Richtung übergeht, verrückt und zwar um die gleichen Stücke  $Na = S\gamma$ . Nun ist es aber gerade an diesen Stellen, daß der Commutator die Richtung der Ströme umkehren muß, damit sie im Apparate, auf welchen wir einwirken wollen, immer nach derselben Richtung gekehrt sind; es folgt also hieraus, daß wir den Commutator bei den magneto-elektrischen Maschinen nicht so stellen dürfen, daß die Unterbrechung und Umkehrung des Stroms an den Punkten  $N, S, N'$  erfolge, *sondern daß wir ihn drehen müssen und zwar um so mehr, je stärker der secundäre Strom wird, also um so schneller die Drehung geschieht*; denn der Punkt  $\alpha$ , wo der aus Zusammenwirkung des primären und secundären Stromes resultirende wirkliche Strom  $= 0$  wird, findet sich dort, wo die positive Ordinate des primären Stromes gleich ist der negativen Ordinate des secundären Stromes, und dieses wird um so weiter von  $N$  der Fall seyn, je bedeutender die Größe der negativen Ordinate ist. Die Lage  $N, S, N'$  der inducirten Cylinder, wo sie den Magnetpolen gerade gegenüber stehen, wird, wenn die Maschine nicht gedreht wird, durch Anziehung der Magnete von selbst hervorgebracht und man pflegt daher den Commutator so zu drehen, daß gerade bei dieser Gleichgewichtslage die Federn desselben auf den, die Berührungs-Sectoren trennenden Nichtleitern (Glas, Elfenbein, Holzstücke) aufliegen; nach dem Vorigen müßte also der Commutator aus dieser Lage so gedreht werden, daß die Unterbrechung später erfolge und zwar um ein Stück, welches um so größer ist, als die Drehung schnell-

ler geschieht. Im Unterlassungsfalle geht der Strom z. B. bei Einwirkung auf den Multiplicator, nicht immer in derselben Richtung hindurch, und ein Theil der Ablenkung wird durch die theilweis entgegengesetzten Ströme vernichtet; allein auch bei solchen Wirkungen, wo es nicht auf die Richtung der Ströme ankommt, z. B. bei Erwärmung und Wasserzersetzung, darf die Verstellung des Commutators nicht vernachlässigt werden, schon deswegen, weil nur in diesem Falle die Unterbrechung an solchen Stellen geschieht, wo der Strom 0 ist, bei anderer Stellung des Commutators aber an Stellen, wo die Stromkraft bedeutend ist und man also durch die Unterbrechung, die immer eine namhafte Zeit des ganzen Umlaufs dauert, einen bedeutenden Theil verliert; bei der Wasserzersetzung kommt noch ein anderer Umstand hinzu, von dem wir später ausführlicher sprechen werden.

Natürlich war es mein nächstes Geschäft zu prüfen, ob diese, aus der theoretischen Ansicht der Wirkung des secundären Stromes sich ergebende, Nothwendigkeit der Verschiebung des Commutators sich in der That durch den Versuch bestätige. Um ein genaues Maass dieser Verstellung zu haben, brachte ich auf der obern kreisförmigen Fläche des cylindrischen Commutators eine Theilung von  $6^\circ$  zu  $6^\circ$  an und befestigte an der Drehaxe, die oben aus dem Commutator herausragt, einen Zeiger, welcher mir an jener Theilung die Gröfse der Drehung des Commutators angab.

Die Versuche wurden so angestellt, dafs bei einer gewissen Drehungsgeschwindigkeit die Ablenkungen des Multiplicators bestimmt wurden, wenn der Commutator auf 0 stand, d. h., wenn er, wie es bisher immer geschah, den Strom in der Gleichgewichtslage der inducirten Cylinder unterbrach und dann bei Verstellungen von  $6^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $24^\circ$ ,  $30^\circ$ ; fand sich dabei, dafs die Ablenkungen der Multiplicatornadel am stärksten waren, z. B. bei der Stellung des Commutators = 18, so wurde sie noch bei 21 und 15 untersucht und die stärkste Ablenkung bei einer dieser Stellun-

gen als absolut stärkster Strom angenommen. Ich werde die Versuche hier nicht ausführlich hinsetzen, sondern nur die gewonnenen Resultate. Für die Verbindung 1 erhielt ich Folgendes:

Bei der Anzahl der Umdrehungen.	Bei d. Stand d. Commut.
= 140 war der Strom	= 8,41 .... = 0
	Maximum = 9,17 .... = 9°
= 270 war der Strom	= 19,73 .... = 0
	Maximum = 21,12 .... = 12°
= 413 war der Strom	= 24,81 .... = 0
	Maximum = 27,22 .... = 12°
= 528 war der Strom	= 26,71 .... = 0
	Maximum = 30,46 .... = 12°
= 644 war der Strom	= 28,71 .... = 0
	Maximum = 32,85 .... = 15°.

Es zeigt sich hier in der That, dafs zur Erreichung der grössten Stromkraft, der Commutator verstellt werden mufste, wie es die theoretische Betrachtung fordert und zwar bei gröfserer Geschwindigkeit mehr als bei geringerer. Ganz Aehnliches ergab sich auch bei den Versuchen mit der Verbindung 6. Es fand sich hier, dafs um die grössten Ströme zu erlangen, der Commutator verstellt werden mufste:

um 18° bei d. Geschwindigk.	= 134;	d. Strom war dann	8,05
- 24	-	= 268	- 9,12
- 27	-	= 407	- 9,34
- 29	-	= 533	- 9,17
- 30	-	= 665	- 9,12
- 30,0	-	= 782	- 9,07.

Wenn hier die Verstellung stärker war, so müssen wir nicht vergessen, dafs die Ströme bei Verbindung 1 in jeder Spirale nur den sechsten Theil der Stärke hatten, als wie sie der Multiplicator angab. Nehmen wir also in beiden Verbindungsarten die Verschiebung bei etwa 650 Umdrehungen in der Minute, so beträgt sie zwar in Verbindung 1 nur 15°, in Verbindung 6 aber 30°; dafür ist aber auch

die Stromstärke in jedem Cylinder bei Verbindung 1 nur  $\frac{32,85}{6} = 5,48$  während sie in 6 bis auf 9,12 gesteigert worden ist.

Ganz wie die Beobachtungen mit dem Multiplicator, zeigen auch die Versuche mit dem Voltameter den großen Einfluss einer richtigen Stellung des Commutators auf die Stärke des Stromes. Ich habe mich zu diesen Versuchen zweier Voltameter bedient; beide waren sonst ziemlich gleich gebaut, nur hatte der eine (No. IV.) mit Platinschwarz bedeckte Platinelektroden, der andere (No. III.) aber völlig blanke. Ich brachte eins dieser Instrumente nach dem andern in die Kette, die nur aus der Stöhrer'schen Maschine, dem Voltameter und einem Verbindungsdraht bestand und beobachtete das in einer Minute gewonnene Knallgas in englischen Cubikzollen, indem ich immer dieselbe Geschwindigkeit des Drehens von 690 Umdrehungen in der Minute beibehielt und nur den Commutator, in der Richtung, wie es die Theorie fordert, verstellte. Auf diese Weise erhielt ich für Voltameter IV. und bei Verbindung 1:

Stellung d. Commut.	Volum.
0°	0,73 Cubikzoll
6	1,11
12	1,42
18	1,56
21	1,62
24	1,65
27	1,61
30	1,56

Der Strom, welcher bei Unterbrechung in der Gleichgewichtslage der Eisencylinder ein Volum von 0,73 Cubikzoll gab, steigerte dasselbe bis auf 1,65, als der Commutator um 24° verstellt wurde; eine größere Verstellung aber gab wieder geringere Gasmengen. Der Strom wurde also ungefähr 2,3 mal stärker.

Das Voltameter III, mit blanken Elektroden, gab mit Anwendung derselben Geschwindigkeit des Drehens, bei

der Stellung des Commutators  $= 0$  ein Volum von 0,95, bei einer Drehung desselben um  $20^\circ$  aber wurde das Maximum erreicht und war 1,32, so dafs die Verstärkerung hier nur 1,4 mal war. Dafs hier die Gröfse der vortheilhaftesten Verschiebung nur  $20^\circ$  betrug, während sie beim andern Voltameter  $24^\circ$  betrug, erklärt sich einfach aus der gröfsern Stärke des Stromes bei Voltameter IV.

Man könnte nun, bei theoretischer Betrachtung der Sache, im ersten Augenblicke glauben, dafs eine Verstellung des Commutators auf die Wasserzersetzung eigentlich gar keinen Einflufs haben müfste, da es ja bei einem Voltameter, welches beide Gase gemischt giebt, nicht darauf ankommt, in welcher Richtung der Strom hindurch geht, das Volum des Gasgemenges also bei jeder Stellung des Commutators dasselbe bleiben müfste. Allein schon früher habe ich gezeigt, dafs eine richtige Umkehrung der Stromrichtung, im Momente wo seine Stärke  $= 0$  ist, die gewonnene Gasmenge aus zwei Gründen am stärksten geben mufs. *Erstlich* nämlich dauert die Unterbrechung des Stromes so lange fort, als die Feder auf den nichtleitenden Stücke des Commutators liegt, d. h. bei meiner magneto-elektrischen Maschine während einer Drehung um etwa  $5^\circ$ . Bei richtiger Stellung des Commutators fallen diese  $5^\circ$ , während welcher der Strom unterbrochen ist, gerade in die Phase seiner periodischen Aenderung, wenn er fast 0 ist, es geht also fast nichts vom ganzen Strom verloren; bei jeder andern Stellung des Commutators wird der Strom aber unterbrochen, wenn er eine namentliche Stärke hat, es wird also auch der Einflufs auf die ganze Stromstärke merklicher seyn. *Zweitens* aber tritt hier eine secundäre Wirkung ein und diese ist noch von viel gröfserer Bedeutung. Es erscheinen nämlich, bei nicht richtiger Stellung des Commutators, an ein und derselben Elektrode rasch hinter einander Wasserstoff und Sauerstoffgas; nun bewirkt aber bekanntlich die Gegenwart einer reinen Platinfläche eine Verbindung beider Gase und so wird also nur ein Theil, namentlich desjenigen Gases, welches an der betrach-

teten Elektrode im Ueberflus auftritt, in Gasform erscheinen und zwar um so weniger, je größer der entgegengesetzte Strom gegen den ursprünglichen ist, d. h. je weiter von der Stelle, wo der Strom 0 ist, der Commutator den Strom umkehrt. Ferner wird der Einfluss dieser Schwächung um so bedeutender seyn, je mehr die Platinoberfläche die Fähigkeit besitzt, die beiden Gase zu vereinigen; deshalb finden wir in der That den Einfluss der falschen Stellung des Commutators so viel bedeutender bei den mit Platinschwarz überzogenen Elektroden des Voltameters IV, gegen die blanken Elektroden des Voltameters III. Am besten wird die Richtigkeit dieser *secundären* Wirkung der Platinplatten auf die durch Zusetzung erhaltenen Gase bewiesen, wenn man den Strom ohne allen Commutator durch die Voltameter hindurch gehen lässt, wo also die entgegengesetzten Ströme von ganz gleicher Kraft sind; in diesem Falle war diese Einwirkung so stark, dass bei sonst ganz gleichen Umständen, wie in den so eben angeführten Versuchen, das Gasvolum im Voltameter III. nur 0,70 betrug, im Voltameter IV. aber, mit den Platinschwarz-Elektroden, auch keine Spur von Gas erhalten wurde, obgleich der durchgehende Strom sich von bedeutender Stärke erwies durch die starken Funken, die bei Unterbrechung desselben erschienen.

Es ist merkwürdig, wie die Verdichtung der Gase an der Oberfläche der Metalle und namentlich an Platinplatten so vielfach in die Erscheinungen eingreift. Die Döbereiner'sche Gaslampe, die Polarisation der Elektroden, die Grove'sche Gasbatterie, die von Jacobi nachgewiesene Verbindung des Knallgases im Voltameter, alle diese Erscheinungen sind Aeufserungen dieser einen Ursache. In letzterer Beziehung will ich noch erwähnen, dass Voltameter IV. diese Verminderung des Knallgases ziemlich stark, Voltameter III. aber so gut wie gar nicht zeigte; alles dieses stimmt mit den Erfahrungen Jacobi's (*Bullet. sc. phys.-math. T. VII. No. 11, p. 165 et 166* ') vollkommen überein. In-

1) S. Ann. Bd. 70. S. 201.

interessant ist es, daß die vortheilhafteste Stellung des Commutators an den magneto-elektrischen Maschinen noch durch ein anderes Phänomen angezeigt wird, welches die Unterbrechung und Umkehrung des Stromes immer begleitet, nämlich durch die Funkenerzeugung am Commutator. Diese Funken waren z. B. bei meinen Versuchen mit dem Voltameter (aber auch bei denen am Multiplicator) sehr stark, wenn die Unterbrechung in der Lage der natürlichen Anziehung der Eisencylinder durch die Magnete, d. h. bei der Stellung des Commutators  $= 0$ , erfolgte; sie wurden immer schwächer, je mehr sich die Stellung des Commutators der richtigen näherte, und verschwanden gänzlich, als diese erreicht ward. Dieses giebt also ein einfaches praktisches Hülfsmittel, wie die richtige Stellung des Commutators ohne alle Messung gefunden werden kann; man dreht den Commutator nämlich so lange, bis bei der beabsichtigten Geschwindigkeit keine Funken mehr erfolgen; man wird finden, daß diese Stellung eine andere wird bei einer andern Geschwindigkeit und daß, wenn der Commutator die richtige Stellung hat, man bei Beginn der Drehung Funken erhält, die aber verschwinden, sobald die beabsichtigte Geschwindigkeit erreicht ist; man muß sich durch diese anfänglichen Funken nicht irre machen lassen.

Ich begnüge mich damit, in dieser ersten Abhandlung das Factum theoretisch und experimentell festgestellt zu haben, daß bei den magneto-elektrischen Maschinen der Commutator für jede Geschwindigkeit, oder vielmehr für jede Stromstärke, seine eigene Stellung erhalten muß, wenn man das Maximum der Wirkung erhalten will. Die mannigfaltigen Folgerungen, die sich hieraus ergeben, so wie die weitere Betrachtung der Rückwirkung des secundären Stromes auf den primären, wenn die Induction sich nicht augenblicklich mittheilt (wie solches schon aus den Erscheinungen des Rotationsmagnetismus mit Nothwendigkeit folgt): alles dieses soll der Gegenstand einer zweiten Abhandlung werden.

### III. Beiträge zur weiteren Vervollkommnung des magneto-elektrischen Rotationsapparats; von Dr. Sinsteden<sup>1)</sup>.

Welchen Einfluss auf den Inductionsstrom hat die Höhe der Magnetpole, ihre Entfernung von einander, die Dicke der Eisenkerne und die Stellung derselben entweder den Stirnflächen oder den Seitenflächen des Magnets gegenüber?

Hr. Stöhrer will „dass die Oberfläche der Pole wenigstens nicht kleiner sey, als der Querschnitt der zu inducirenden Eisenkerne. Eine gröfsere (höhere) Polfläche habe bis zu einem gewissen Verhältnisse keine nachtheilige Einwirkung gezeigt“. Ueber die Entfernung der Magnetpole von einander schweigt derselbe. Die Stellung der Eisenkerne den Stirnflächen des Magnets gegenüber, sey „als das einfachste anerkannt“. Gegen die Stellung der Eisenkerne, der Seitenfläche der Magnetschenkel gegenüber, lasse sich die Einwendung machen, dass die beiden Eisenkerne ungleich stark inducirt würden, indem der, dem Polende näher stehende Eisenkern stärker magnetisirt werde, als der gegenüberliegende, welcher ziemlich weit von dem Polende seines Schenkels entfernt ist<sup>2)</sup>.

1) Nachtrag zu der Abhandlung S. 29 und 195 dieses Bandes.

1) Allgemein richtig ist dieser Einwand nicht, denn wenn die Magnetschenkel sehr lang sind und dieselben, so wie auch die Eisenkerne der Inductionsrollen sehr nahe zusammenstehen, so kann der Fall eintreten, dass der dem Polende näher stehende Eisenkern ebenso weit diesesits von dem *eigentlichen* Pol entfernt steht, wie der gegenüber stehende Eisenkern jenseits des *eigentlichen* Pols des andern Schenkels. Auch ist zu bedenken, dass die Eisenkerne nicht allein von denjenigen Punkten des Magnets angezogen werden, denen sie gerade zunächst gegenüber liegen, sondern von allen denjenigen, welche auf derselben Seite der Mittellinie des Magnets liegen. Der eigentliche Pol, der Angriffspunkt der Resultirenden aller partialen Anziehungen im Magneten, ist nicht feststehend, sondern veränderlich; und zwar nähert er sich mehr der Mittellinie des Magneten, wenn man den Polen einen Eisenanker nähert. Diefs zeigt sich sogleich an einem in einer Glaskugel befindli-

Hr. Prof. Petrina dagegen will, dafs die Eisenkerne der Inductionsrollen den Seitenflächen der nahe zusammen stehenden Magnetschenkel gegenüber rotiren, weil er gefunden hat, dafs in dieser Lage der Inductionsstrom stärker ist, als wenn sie der Stirnfläche der Magnetpole gegenüber rotiren, „deren Dicke nur  $\frac{1}{3}$  der Dicke des Eisenkerns beträgt“. Das wird freilich Niemand bezweifeln!

„Aber auch, führt Hr. Petrina fort, selbst wenn man mehre Lamellen anwendet (wenn die Stirnflächen der Pole also höher und der Dicke der Eisenkerne mehr angemessen sind) darf nicht übersehen werden, dafs bei dieser Einrichtung (Stellung des Inductors den Stirnflächen gegenüber) die zwei gleichlaufenden Ströme, welche entstehen, wenn sich ein Eisenkern von einem Pole entfernt und dem andern nähert, fast durch einen Bogen von  $160^\circ$  von einander entfernt sind und dafs deswegen die Wirkung nicht so grofs ausfallen kann, als wenn sie zu gleicher Zeit oder doch schnell nach einander entstünden“. In diesen Worten liegen zwar die Gründe für die Vortheilhaftigkeit der einen oder andern Stellung des Inductors, aber sie sind in ihrer ganzen Bedeutung nicht klar gemacht. Hr. Petrina läfst hier einen bedeutenden Stromfactor ganz unbeachtet, nämlich den in der ungefähren Mitte des Bogens von  $160^\circ$  völlig *verschwindenden Magnetismus* des Eisenkerns, der in der Spirale den *Gegenstrom* veranlafst, der bekanntlich viel stärker und gleichgerichtet ist mit dem Strome, welcher entsteht, wenn der Eisenkern sich darauf weiter dem andern Pole des Magnets nähert. Beide Autoren haben für ihre entgegengesetzte Meinung keine erschöpfenden Gründe vorgebracht und die Sache im Unwissen gelassen.

Aus folgender Auseinandersetzung wird sich ergeben,

chen Eisendrahtstückchen, welches über dem eigentlichen Pol senkrecht steht, und sich sogleich nach dem Polende neigt, wenn man einen Anker gegen die Pole schiebt, und jetzt erst dann wieder die senkrechte Stellung einnimmt, wenn man die Glaskugel der Mittellinie des Magnets etwas nähert.

dafs beide Stellungen des Inductors, sowohl den Stirnflächen, als auch den Seitenflächen der Pole gegenüber, am vortheilhaftesten sind — aber beide nur für ganz *verschiedene* Zwecke:

In der die Eisenkerne umgebenden Inductionsspirale des Magnetelektromotors entsteht nur dann ein Strom, wenn das magnetische Fluidum der Eisenkerne sich in Bewegung befindet, das ist, wenn dieselben eine Aenderung ihres magnetischen Zustandes erleiden. Um daher die nähere Verhältnisse des Stroms der Spirale dieser Maschine kennen zu lernen, wird es nur nöthig seyn, die magnetischen Veränderungen der Eisenkerne, während einer Rotation vor dem Magneten, näher zu untersuchen, um sodann aus diesen magnetischen Veränderungen auf dem dadurch hervorgerufenen elektrischen Strom zu schliessen. Die verschiedenen magnetischen Zustände der Eisenkerne während einer Umwälzung des Inductors können aber folgende seyn:

- 1) ein stationärer magnetischer Zustand derselben,
- 2) ein plötzliches Uebergehen aus dem einen magnetischen Zustande in den entgegengesetzten;
- 3) ein Abnehmen, ein plötzliches Verschwinden und ein wieder Zunehmen ihres magnetischen Zustandes.

Diese verschiedenen in einander übergehenden magnetischen Zustände der Eisenkerne lassen sich durch eine schematische Zeichnung anschaulich machen. In Fig. 7. Taf. II., für die Stellung des Inductors den Stirnflächen des Magnets gegenüber und in Fig. 8. Taf. II. für die Stellung desselben den Seitenflächen des Magnets gegenüber, bezeichnen *N* und *S* die Pole des Magnets, *EEEE* das denselben zugekehrte Ende der Eisenkerne in ihren vier Hauptstellungen. Der stationäre Zustand der Eisenkerne ist durch das Zeichen der Gleichheit  $=$ , die Abnahme des Magnetismus ist durch das Zeichen der Convergenz  $>$ , das gänzliche Aufhören des Magnetismus durch 0, die Zunahme durch das Zeichen der Divergenz  $<$  bezeichnet.

1. Sind die Polflächen viel gröfser als der Durchmesser der ihnen gegenüberstehenden Eisenkerne, so bleibt der

magnetische Zustand der Eisenkerne, so lange sie sich innerhalb der Grenzen der Polflächen bewegen, natürlicher Weise stationär; es findet in denselben keine oder nur eine unbedeutende Bewegung oder Aenderung des magnetischen Fluidums statt: während dieser Zeit ist denn also auch *kein Strom* in der Inductionsspirale. Bei der Petrina'schen Construction, Fig. 8., wo die Eisenkerne sich durch einen Bogen von etwa  $170^\circ$  den Magnetschenkelflächen gegenüber bewegen, findet daher diese ganze Zeit hindurch in der Inductionsspirale kein Strom statt. Schon hieraus geht hervor, dafs diese Construction nicht geeignet ist, einen möglichst ununterbrochenen Strom hervorzubringen. Ein Elektromagnet, den Hr. Prof. Petrina mit seiner größern Maschine erregte, trug auch nur 20 Pfund. Ganz dasselbe tritt bei solchen Maschinen ein, deren Eisenkerne vorn mit einer großen Eisenplatte versehen sind und vor den Stirnflächen der hohen und enge zusammenstehenden Magnetpole rotiren.

2) Stehen die Schenkel des Magnets sehr nahe zusammen, wie in Fig. 8., so dafs die Eisenkerne in der Stellung *ab* gar nicht aus der sehr kräftigen Influenzspähre der Magnetpole herauskommen, sondern aus der des Nordpols unmittelbar in die des Südpols übergehen, die Eisenkerne sich also plötzlich aus dem einen magnetischen Zustande in den entgegengesetzten umkehren, ohne inzwischen ihren Magnetismus verloren zu haben, so erleiden sie in der kürzesten Zeit die möglichst stärkste magnetische Veränderung: hier ist denn auch in der Inductionsspirale der stärkste elektrische Strom. Dieses findet bei der Petrina'schen Maschine statt, wo der Durchmesser der Eisenkerne größer ist, als der Abstand der Magnetschenkel von einander und der eine Rand des Eisenkerns den einen Schenkel des Magnets schon erreicht, wenn der entgegengesetzte Rand desselben den andern Magnetschenkel noch nicht verlassen hat. Diese Maschine giebt also bei einer Umwälzung des Inductors *nur zweimal* einen sehr starken Strom, aber diese beiden starken Strommomente sind *durch eine lange Pause*,

während die Eisenkerne sich nämlich durch einen Bogen von  $170^\circ$  den Magnetschenkeln gegenüber bewegen; *von einander getrennt*; daher bei dieser Maschine ein sehr unvollkommen ununterbrochener Strom, aber bei einer Umdrehung zweimal ein starker Funken und Erschütterungsschlag, wenn die intermittirende Feder aufgesteckt ist. Ein *Gegenstrom*, veranlaßt durch den verschwindenden Magnetismus der Eisenkerne, kommt bei dieser Maschine *gar nicht zu Stande*.

3. Sind die Durchmesser der vor den Stirnflächen der Pole rotirenden Eisenkerne gleich der Höhe der Polflächen des Magnets, wie in Fig. 7., so kommen dieselben nur einen Augenblick den Polflächen mit ihrem ganzen Umfange gegenüber zu stehen und erreichen in diesem Augenblick das Maximum ihres magnetischen Zustandes; etwas vorher ist der Magnetismus in ihnen im Zunehmen, etwas nachher im Abnehmen begriffen: also ein Strom in der Spirale vorhanden. Dieses Verhältniß ist daher das günstigste zur Erlangung eines möglichst ununterbrochenen Stroms <sup>1)</sup>.

Wenn in Fig. 7., *E* von *N* nach *a* hin sich bewegt, so nimmt der Südmagnetismus von *E* ab: in der Spirale besteht also ein Strom für die ganze Dauer dieser Bewegung des Kerns. In einer gewissen Entfernung vor *a* wird *E* von *N* nicht mehr inducirt, sondern *E* ist aus dem Bereich der Influenzsphäre von *N* heraus, *E* hört hier auf, magnetisch

1) Unbeschadet der guten Wirkung kann die Höhe der Polflächen etwas größer seyn, als der Durchmesser der Eisenkerne; der Moment, wo die Eisenkerne dann mit ihrem ganzen Umfange eine kleine Zeit den Magnetpolen gegenüber bleiben und folglich ihr Magnetismus stationär bleibt, fällt mit dem Wechsel der gespaltenen Federn auf den Commutatorhalbscheiben zusammen, wenn man nämlich einen ununterbrochenen gleichgerichteten Strom hervorbringen will. Findet durch diese beiden Umstände ein momentanes Aufhören des Stroms statt — was aber selbst noch zu bezweifeln ist, weil der Magnetismus auch in dem allerweichsten Eisen mit einer gewissen Trägheit entsteht und verschwindet, oder überhaupt sich bewegt, — so ist der dadurch veranlaßte schädliche Moment doch nur einfach, weil die beiden ihn veranlassenden Ursachen in der Zeit zusammenfallen.

tisch zu seyn. Der hier völlig verschwindende Magnetismus in *E* erregt also schon etwas vor der Stellung des Inductors in *ab*, einen neuen oder vielmehr verstärkten Strom gleicher Richtung in der Spirale und dieser *Gegenstrom* ist bekanntlich viel stärker, als der primäre Strom, herbeigeführt durch das Magnetischwerden des Eisenkerns.

Geht *E* weiter von *a* nach *S*, so wird *E* nordpolarisch, sein Magnetismus nimmt allmählig zu und erreicht, *S* gerade gegenüber, sein Maximum: in der Spirale besteht daher wieder ein Strom für die ganze Dauer dieser Bewegung. Jetzt hat eine halbe Umwälzung des Inductors stattgehabt, während welcher Zeit der ununterbrochene, zwar nicht in jedem Moment gleichstarke, Strom *eine* Richtung hatte.

Geht *E* weiter von *S* durch *b* nach *N*, so wiederholen sich dieselben Veränderungen des magnetischen Zustandes der Eisenkerne, nur mit Umkehrung der Pole; der ununterbrochene Strom der Spirale hat daher bei dieser zweiten halben Umdrehung des Inductors die entgegengesetzte Richtung, kann aber durch den Commutator ausgewechselt werden.

Ständen die Magnetschenkel und also auch die Eisenkerne sehr weit auseinander, so würden letztere, in der Stellung *ab*, eine längere Zeit so weit von den Magnetpolen entfernt seyn, daß sie eine längere Zeit hindurch gar keine oder doch nur eine sehr unbedeutende magnetische Einwirkung erlitten; es würde dann also auch in dieser Stellung des Inductors, bei *ab*, eine längere Zeit in der Spirale entweder gar kein oder doch nur ein höchst unbedeutender Strom bestehen. Eine solche Construction des Apparats ist daher auch wieder ebenso ungünstig, wie die, wo die Eisenkerne, wie bei der Petrina'schen Maschine, zu lange den Magnetschenkelflächen gegenüberstehen, wenn man nämlich einen möglichst ununterbrochenen Strom zu erhalten beabsichtigt. Es müssen daher zur Erreichung dieses Zwecks die Schenkel des Magnets und die Inductionsrollen so nahe zusammenstehen, daß die Eisenkerne in der Stellung *ab* *nicht zu lange* Zeit aus einer kräftigen Influenz-

sphäre der Pole herauskommen. Der in der Stellung des Inductors bei *ab* entstehende Gegenstrom ist ein momentaner und bedarf zu seiner ganzen Entwicklung nur eines Augenblicks. Für grössere Maschinen, mit sehr dicken Inductionsrollen, würde man also viel gewinnen, wenn man die Inductionsrollen dicht nebeneinander und die Axe des Inductors nicht zwischen sie legte, was auf verschiedene Weise leicht bewerkstelligt werden kann.

Der wesentliche Vorzug dieser von H. Stöhrer empfohlenen Construction der Maschine, im Gegensatz zu der Petrina'schen, besteht also darin, daß in jedem Moment der Umwälzung des Inductors der magnetische Zustand der Eisenkerne sich verändert, daß das magnetische Fluidum in denselben sich fortwährend in Bewegung befindet, daß folglich auch in jedem Moment der Umwälzung ein elektrischer Strom in der Inductionsspirale besteht, der *viermal* sein Maximum erreicht, wenn nämlich die Eisenkerne den Magnetpolen gegenüber zu stehen kommen und wenn sie nahe der Stellung bei *ab* ihren Magnetismus ganz verlieren und der Gegenstrom sich bildet, der bei der Petrina'schen Maschine ganz fehlt. Diese Maschine giebt also einen möglichst ununterbrochenen Strom, der bei der Petrina'schen Construction nur höchst unvollkommen erzielt wird, — vorausgesetzt aber, daß die Maschine zu diesem Zweck auch richtig construirt ist, daß namentlich ein richtiges Verhältniß des Durchmessers der Eisenkerne zu der Höhe der Magnetpole und das Verhältniß dieser Höhe zu dem Abstände der Magnetpole von einander, wie ich es oben angegeben habe, genau berücksichtigt ist. Läfst man da, wo das Maximum der Stromstärke eben eintritt, durch die intermittirende Feder die Schließung der Spirale sich öffnen, so entstehen *viermal* kräftige Funken oder kräftige physiologische Wirkungen, wenn der thierische Körper eine Nebenschließung bildet. Wie die Petrina'sche Maschine nur *zweimal* ein Oeffnen der Spirale gestattet, weil nur zweimal ein kräftiger Strom in der Spirale zu Stande kommt, so muß folgerecht bei der von Hrn. Stöhrer empfohlenen

Construction, die intermittirende Feder auch viermal auf einen Holzeinsatz treffen, — was bisher weder von Hrn. Oertling oder Hrn. Stöhrer, noch sonst geschehen ist. Bei meiner Maschine habe ich schon seit Jahren vier Holzeinsätze an der intermittirenden Walze angebracht, von denen jeder den sechsten Theil des Umfangs dieser Walze einnimmt. Faßt man den Inductor unmittelbar mit der Hand und bringt ihn durch eine rasche, kurze Bewegung in die vier Stellungen, wo der Strom am stärksten ist, so sind die vier nach einander folgenden Funken beinahe gleich stark, die Erschütterungen, wenn man mit den Händen die Nebenschließung bildet, beinahe gleich heftig. Schließt man die Inductionsspirale durch ein Galvanometer, nachdem man die intermittirende Feder ausgehoben hat, so wird die Magnetnadel stark abgelenkt, wenn man in jeder möglichen Stellung des Inductors, denselben auch nur einen halben Zoll im Kreise vorwärts bewegt. Bei der Petrina'schen Maschine bleibt die Nadel dagegen unverrückt stillstehen, so lange man den Inductor innerhalb des Bogens von etwa  $170^\circ$ , wo die Eisenkerne sich innerhalb der Grenzen der Magnetschenkelflächen befinden, auch noch so kräftig bewegt; — nur beim Wechsel der Pole tritt ein Strom ein. Aus dem Angeführten folgt nun, daß überall, wo die gleichwirkende Kraft eines hydroelektrischen Stroms durch den eines Magnetelektromotors ersetzt werden soll, die von Hrn. Stöhrer empfohlene Einrichtung der Maschine gewählt werden muß — daß man dagegen, wenn es sich bloß darum handelt, mit einem vielleicht nur aus einer Lamelle bestehenden Magneten einen lebhaften Funken und starke physiologische Erschütterungen hervorzurufen, die Petrina'sche Construction mit Vortheil wählen kann. Doch will ich hier nicht unbemerkt lassen, daß bei der letztgenannten Maschine der Magnet sehr bald an Kraft verliert, weil die Eisenkerne über der Fläche wenigstens eines Magnetschenkels (wenn der Inductor nämlich immer nur nach einer Richtung gedreht wird) von dem Polende, nach dem Ro-

gen des Magneten zu streichen, was demselben auf die Dauer sehr schadet.

Bedarf man eines ungewöhnlich grossen Stroms, so ist die Einrichtung der Maschine nach J. S. Woolrich in Birmingham, der 16 sechs Zoll lange Inductionsrollen zwischen den sechs Zoll weit aus einander stehenden Schenkeln von acht Magneten rotiren läßt, gewiss wirksamer und der ganze Bau der Maschine viel einfacher, als die neuere Maschine von Hrn. Stöhrer, bei welcher 6 Inductionsrollen zwischen den Stirnflächen von 6 Magneten rotiren, die sich in zwei und zwei mit den Stirnflächen gegenüberstehen und die Eisenkerne zwischen sich nehmen. Ich habe kürzlich in Lübeck eine solche Stöhrer'sche Maschine gesehen, aber leider ihre Wirkung nicht beobachten können. Ohne mir daher ein Urtheil über dieselbe anmassen zu wollen, muß ich doch bemerken, daß mir die Durchmesser sowohl der Eisenkerne, als auch der Stirnflächen der Magnete *zu klein* erschienen gegen den *Abstand* der einzelnen Magnetschenkel von einander, — so daß ich der Befürchtung Raum geben muß, die Eisenkerne möchten in der Stellung, wo sie von den Magneten nicht inducirt werden, wo sich also durch das Verschwinden des Magnetismus in denselben der momentane Gegenstrom in der Spirale bildet, zu lange Zeit hindurch verweilen, wodurch der möglichen Continuität des Stroms geschadet wird, — ebenso sehr, wie durch die Commutatoreinrichtung dieser Maschine. Wie zusammengedrängt erscheint hiergegen der Woolrich'sche Bau der Maschine, von der ich in Fig. 9. Taf. II. eine schematische Zeichnung im zwölftel Theil der wirklichen Gröfsenverhältnisse herstelle. (Vergl. Journal f. pr. Chem. von Erdmann und Marchand, Bd. 41.)

Abgesehen von der Stärke der Magnete, von dem Massenhalte der Eisenkerne und des angewandten Kupferdrahtes, welche mir bei beiden Maschinen unbekannt sind, springt der Vorzug des Woolrich'schen Baues vor dem Stöhrer'schen sogleich in die Augen, wenn man allein nur die bei einer Umwälzung des Inductors eintretenden Strom-

maxima der einzelnen Inductionsrollen berücksichtigt. Bei der Stöhrer'schen Maschine mit 6 Magneten und 6 Inductionsrollen tritt, bei einer Umwälzung, in einer jeden Inductionsrolle 12 mal ein Strommaximum ein, nämlich 6 mal ein primärer Strom, wenn die Rolle den Magnetpolen gegenübersteht und 6 mal ein secundärer (Gegen-) Strom, wenn sie von den Magnetpolen entfernt und frei steht; in 6 Inductionsrollen treten also bei einer Umwälzung  $6 \times 12 = 72$  *Strommaxima* ein, die aber, wie schon gesagt, in der Zeit weiter auseinander liegen, als gut ist. Bei der Woolrich'schen Maschine, mit 8 Magneten und 16 Inductionsrollen, tritt bei einer Umwälzung in den Inductionsrollen 16 mal ein Strommaximum ein, — also  $16 \times 16 = 256$ , in der Zeit sehr nahe zusammenliegende *Strommaxima*, — obgleich diese Maschine nur 2 Magnete mehr hat, als die Stöhrer'sche.

Schliesslich empfehle ich eine Einrichtung, die ich zwar nur einmal aber mit erwünschtem Erfolge getroffen habe, zu weitem Untersuchungen. In Berücksichtigung nämlich, dass der elektrische Strom des Magnetelektromotors nicht nur aus der Einwirkung des bewegten magnetischen Fluidums der Eisenkerne und der des Magnets unmittelbar auf die Drahtspirale resultirt, sondern auch aus der elektrischen und magnetischen (ein von einem elektrischen Strom durchlaufener Kupferdraht zieht Eisenfeilicht an) Einwirkung *einer Spiralwindung auf die andere*, habe ich diese letztere Einwirkung dadurch zu vergrößern gesucht, dass ich unmittelbar auf die Eisenkerne eine doppelte Lage Spiralwindungen von einem etwa  $\frac{3}{4}$  Linien dicken, übersponnenem Kupferdrahte legte, der sich dann weiter in die Hauptmasse dünneren Drahtes, mit dem er durch Anlöthen verbunden war, fortsetzte. Der entstehende und verschwindende magnetelektrische Strom in den dicken Drahtwindungen wirkt dann in gleichem Sinne mit dem entstehenden und verschwindenden Magnetismus der Eisenkerne ganz bedeutend auf die über ihnen liegende Hauptmasse dünneren Drahtes.

#### IV. Ueber die quantitative Bestimmung des Arséniks; von H. Rose.

##### Fällung der Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia.

Es ist bekannt, daß die Arseniksäure sich sehr schwer durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelarsenik fällen läßt. Man kann zwar durch Behandlung mit schweflichter Säure, nach Wöhler's Vorschlag, die Arseniksäure in arsenichte Säure verwandeln, welche sich leichter durch Schwefelwasserstoffgas in Schwefelarsenik verwandeln läßt. Man ist aber immer gezwungen, wenigstens bei genauen Untersuchungen, in dem erhaltenen Schwefelarsenik noch ferner den Schwefel zu bestimmen, um den Gehalt des Arséniks durch den Verlust zu finden, wodurch die Bestimmung der Arseniksäure zeitraubend wird.

Wir kennen indessen jetzt eine Methode, die Arseniksäure fast eben so genau wie die Phosphorsäure ihrer Menge nach bestimmen zu können. Man fällt, nach Levöl's Vorschlag, die Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia <sup>1)</sup>. Man wendet zur Fällung am passendsten, wie bei der Fällung der Phosphorsäure, eine Auflösung von schwefelsaurer Magnesia an, zu welcher man so viel Chlorammonium hinzugefügt hat, daß Ammoniak in derselben keine Fällung hervorbringt. Ist die arseniksaurehaltige Flüssigkeit sauer, so wird sie mit Ammoniak übersättigt; kohlen-saures Ammoniak darf aber dazu nicht angewendet werden.

Die Gegenwart selbst von großen Mengen von Salzen, auch von ammoniakalischen, ist von keinem Einfluß auf die Bildung des Niederschlags, und es wird dadurch nichts von ihm aufgelöst. Nur eine sehr große Menge von weinsteinsaurem Ammoniak, und auch nur wenn sie sehr lange mit dem Niederschlage in Berührung ist, kann eine außerordentlich geringe Menge desselben auflösen.

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. Reihe. Bd. 17. S. 501.

Man läßt den Niederschlag sich gut absetzen, und längere Zeit, etwa 12 Stunden lang, stehen. Man erwärmt aber das Ganze nicht, wenigstens nicht stark, weil sonst etwas Magnesia aus der überschüssig zugesetzten Magnesiaauflösung gefällt werden könnte. Der Niederschlag wird nicht mit reinem Wasser ausgewaschen, sondern mit Wasser, zu welchem etwas freies Ammoniak hinzugesetzt worden ist, in welchem er unauflöslich ist.

Levol empfiehlt, den Niederschlag zu glühen, wodurch er seinen Wasser- und Ammoniakgehalt verliert, und sich in arseniksaure Magnesia,  $Mg^2 As$ , verwandelt. Hierdurch aber erhält man ein ungenaues Resultat. Denn durch das Ammoniak wird bei erhöhter Temperatur Arseniksäure reducirt, wodurch man einen Gewichtsverlust erhält, der um so bedeutender werden kann, je länger das Glühen fortgesetzt wird. Ich habe hierüber eine lange Reihe von Versuchen angestellt. Durch sehr gelindes Glühen erhält man nie mehr als 96 Proc., gewöhnlich nur 95, oft nur 93, und auch bisweilen nur 88 Proc. des Arsens, das in dem Magnesiumsalze enthalten war. Auch darf zum Glühen kein Platiniegel, sondern es muß ein Porcellantiegel angewandt werden, weil die durch das Ammoniak reducirte Arseniksäure das Platin stark angreift.

Den Arsenikgehalt im Magnesiumsalze kann man durch das Gewicht des letztern nach zwei Methoden bestimmen. Man filtrirt und wäscht das Salz mit ammoniakhaltigem Wasser auf einem gewogenen Filtrum aus, und trocknet es so lange bei der gewöhnlichen Temperatur über Schwefelsäure, bis es nicht mehr an Gewicht verliert. Es behält dabei seinen ganzen Wassergehalt und hat dann die Zusammensetzung  $Mg^2 + NH^4 + As + 12H$ , aus welcher der Gehalt an Arsenik oder Arseniksäure mit Sicherheit berechnet werden kann. Das etwas langweilige Trocknen wird beschleunigt, wenn es über Schwefelsäure unter der Luftpumpe geschieht, wobei ebenfalls der ganze Wassergehalt im Salze bleibt.

Da aber auch selbst mit Hülfe der Luftpumpe das Trocknen des Salzes langsam von statten geht, so ist es zweckmäßiger, das Salz bei einer Temperatur von genau  $100^{\circ}$  C. zu trocknen. Es verliert dadurch seinen Wassergehalt bis auf 1 Atom, und hat dann die Zusammensetzung  $\text{Mg}^2 + \text{NH}^4 + \text{As} + \text{H}$ , aus welcher ebenfalls der Gehalt an Arseniksäure mit Genauigkeit berechnet werden kann.

Durch Behandlung mit Chlorammonium auf die Weise, wie man die Arseniksäure von den Alkalien trennen kann <sup>1)</sup>, kann man dieselbe nicht von der Magnesia verjagen, wie ich diess schon früher bemerkt habe <sup>2)</sup>.

Ebenso wenig glückte es, die Arseniksäure aus der arseniksauren Ammoniak-Magnesia auf andere Weise durch reducirende Mittel auszutreiben und zu verflüchtigen, um aus dem Gewichte der Magnesia das des Arsens berechnen zu können. Sie wurde z. B. drei Stunden in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas geglüht. Der Rückstand blieb grau. Er löste sich mit Hinterlassung eines schwärzlichen Pulvers in Chlorwasserstoffsäure auf, das sich aber beim Erhitzen auch auflöste. Die Auflösung gab mit Schwefelwasserstoff einen starken Niederschlag von Schwefelarsenik.

Eine gewogene Menge der arseniksauren Ammoniak-Magnesia wurde, mit Schwefelblumen gemengt, geglüht. Es fand eine bedeutende Gewichtsverminderung statt, die aber aufhörte, als der Versuch einige Male wiederholt wurde. In dem geglühten Rückstande waren noch gelbliche Stellen sichtbar. Er wurde mit oxalsaurem Ammoniak gemengt von Neuem geglüht, wodurch wiederum ein bedeutender Gewichtsverlust stattfand. Der Rückstand wurde dadurch weifs; er konnte aber nicht zu einem bestimmten Gewichte gebracht werden, indem durch jedes neue Glühen ein neuer Verlust entstand. Auch mit einer Mischung von Schwefel und oxalsaurem Ammoniak geglüht, konnte

1) Pogg. Ann. Bd. 73. S. 532.

2) Ebend. Bd. 74. S. 578.

nach 14 maligem Glühen kein constantes Gewicht erhalten werden. Wurde der Rückstand darauf in Chlorwasserstoffsäure gelöst, so entstand in der Lösung durch Schwefelwasserstoff eine Fällung von Schwefelarsenik. — Aehnliche Erscheinungen fanden statt, als die arseniksaure Ammoniak-Magnesia mit oxalsaurem Ammoniak allein geglüht wurde.

Ist in der zu untersuchenden Flüssigkeit arsenichte Säure, so muß diese in Arseniksäure verwandelt werden, wenn das Arsenik aus dem Magnesiasalze berechnet werden soll. Diese Verwandlung geschieht, wenn die Flüssigkeit verdünnt ist, dadurch am besten, daß man zu derselben Chlorwasserstoffsäure und darauf nach und nach in kleinen Mengen chlorsaures Kali hinzufügt. Man darf aber das Ganze nur höchst gelinde so lange erwärmen, bis der Geruch nach freiem Chlor so ziemlich verschwunden ist. Dasselbe muß auch bei Anwendung von Königswasser geschehen. Man muß sich hüten, die Flüssigkeit stark zu erhitzen, oder gar zu kochen, weil dadurch eine nicht unbeträchtliche Menge von Arsenik als Chlorarsenik sich verflüchtigen kann. Ebenso wenig darf man eine sehr verdünnte Auflösung, sie mag arsenichte Säure oder Arseniksäure enthalten, durch Abdampfen concentriren, wenn sie zugleich Chlorwasserstoffsäure enthält. Es ist aber auch ein Concentriren gar nicht nöthig, da sowohl durch Schwefelwasserstoffgas die arsenichte Säure, als durch Magnesiaauflösungen und Ammoniak die Arseniksäure in sehr verdünnten Auflösungen gefällt werden können.

Um den Grad der Genauigkeit kennen zu lernen, der bei diesen Bestimmungen des Arseniks erreicht werden kann, hat Hr. Weber folgende Versuche angestellt.

0,944 Grm. der arsenichten Säure durch Königswasser oxydirt, die Auflösung auf die beschriebene Weise als arseniksaure Ammoniak-Magnesia gefällt, gaben 1,810 Grm. bei 100° C. getrockneten Salzes. 0,944 Grm. As entsprechen 1,822 Grm.  $Mg^2 + NH^4 + As + H$ . Wurde der Nie-

derschlag geglüht, so gab er nur 1,422 Grm.  $\text{Mg}^2 \text{As}$ ; er hätte aber, wenn nichts von der Arseniksäure sich reducirt und verflüchtigt hätte, 1,488 Grm. geben müssen.

In einem anderen Versuche wurden durch 0,845 Grm. arsenichter Säure 1,613 Grm. bei  $100^\circ \text{C}$ . getrockneter  $\text{Mg}^2 + \text{N} \text{H}^4 + \text{As} + \text{H}$  erhalten; der Rechnung nach hätten 1,627 Grm. erhalten werden müssen.

Bei einem dritten Versuch wurden durch 1,128 Grm. arsenichter Säure 3,295 Grm. unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrockneter  $\text{Mg}^2 + \text{N} \text{H}^4 + \text{As} + 12 \text{H}$  erhalten. Jene Menge der arsenichten Säure entspricht aber 3,302 Grm. des Salzes.

Hat man die arsenichte Säure durch Schwefelwasserstoffgas von andern Metalloxyden getrennt und als Schwefelarsenik gefällt, so kann man in diesem den Arsenikgehalt am leichtesten auf folgende Weise bestimmen. Man oxydirt das erhaltene Schwefelarsenik, ohne es vorher seiner Menge nach bestimmt zu haben, durch Chlorwasserstoffsäure und chloresaures Kali, oder durch Königswasser. Es ist nicht einmal nöthig, ein gewogenes Filtrum zum Aufsammlen des Schwefelarseniks anzuwenden; die Oxydation desselben kann selbst mit dem Filtrum geschehen. Man filtrirt die Auflösung von dem ungelösten Schwefel und dem Papiere des Filtrums ab, und fällt die Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia. Es ist hierbei nothwendig, daß alles Arsenik des Schwefelarseniks zu Arseniksäure oxydirt worden sey; die Digestion des Schwefelarseniks mit den oxydirenden Säuren muß daher bei gelinder Wärme geschehen, aber in großen Gefäßen, damit nicht etwas Arsenik als Chlorid verflüchtigt werde.

#### Bestimmung der arsenichten Säure durch Goldauflösung.

Ist in einer Auflösung nur arsenichte Säure, nicht Arseniksäure enthalten, so kann die Menge derselben sehr

genau durch eine Goldauflösung bestimmt werden, aus welcher durch die arsenichte Säure Gold reducirt wird. Man wendet aber nicht eine Auflösung von Goldchlorid an, sondern die von Goldchlorid-Natrium oder Ammonium. Die Auflösung darf keine Salpetersäure enthalten; ein selbst großer Ueberschuss von Chlorwasserstoffsäure ist aber ohne Nachtheil. Hat man eine feste Verbindung zu untersuchen, die arsenichte Säure enthält, so wird diese in Chlorwasserstoffsäure gelöst, und dann die Goldauflösung hinzugefügt. Man läßt dann das Ganze mehrere Tage hindurch stehen, sehr verdünnte Auflösungen an einem sehr mäßig erwärmten Ort. — Das reducirte Gold, das zum Theil krystallinisch sich ausscheidet, und immer von goldgelber Farbe ist, setzt sich sehr langsam an die Wände des Becherglases an, und ist bisweilen sehr schwer von demselben mechanisch abzunehmen, wenn sie nicht sehr glatt, sondern durch einen längeren Gebrauch etwas rauh geworden sind. Es ist anzurathen, die von dem Golde abfiltrirte Flüssigkeit noch einige Zeit aufzubewahren; denn da die Ausscheidung des Goldes sehr langsam geschieht, so reducirt sich oft in der filtrirten Flüssigkeit noch eine geringe Menge desselben, welche bestimmt werden muß.

Aus der Menge des reducirten Goldes wird die Menge der arsenichten Säure, die hier bis zu Arseniksäure oxydirt worden ist, berechnet.

Diese Methode giebt ein sehr genaues Resultat. 3,478 Grm. der arsenichten Säure in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, gaben mit Goldchloridnatrium-Auflösung versetzt, 4,621 Grm. metallisches Gold. Der Berechnung nach hätten 4,647 Grm. erhalten werden müssen.

Da die Arseniksäure in ihren Auflösungen durch schweflichte Säure zu arsenichter Säure reducirt werden kann, so kann auch diese ihrer Menge nach durch eine Goldauflösung bestimmt werden.

**Abscheidung der Arseniksäure durch Eisenoxyd nach der Methode von Berthier.**

Dieselbe Methode, welche Berthier zur Abscheidung der Phosphorsäure vorgeschlagen hat, wendet er auch zur Abscheidung der Arseniksäure an. Aber die Nachtheile, welche die Bestimmung der Phosphorsäure nach Berthiers Methode hat, auf welche ich vor Kurzem aufmerksam gemacht habe <sup>1)</sup> hat auch die der Bestimmung der Arseniksäure. Außerdem hat diese aber noch andere, welche bei jener nicht stattfinden. Denn da in der Auflösung, aus welcher die Arseniksäure gefällt worden war, Ammoniak und ammoniakalische Salze enthalten waren, so können diese nicht vollständig ausgewaschen werden, da beim letzten Auswaschen das Waschwasser arseniksaures Eisenoxyd auflöst. Wenn aber das Ganze nach dem Trocknen, selbst auch vorsichtig geglüht wird, so wird durch das Ammoniak Arseniksäure reducirt und verflüchtigt.

Dieselbe Modification der Berthier'schen Methode, die v. Kobell bei der Abscheidung der Phosphorsäure eingeführt hat, hat er auch bei der der Arseniksäure vorgeschlagen. Statt mit Ammoniak fällt er das arseniksaure Eisenoxyd mit Ueberschuß an Eisenoxyd in der Kälte mit kohlensaurer Baryterde.

**Abscheidung der Arseniksäure durchs Schmelzen der arseniksauren Verbindungen mit kohlensaurem Alkali.**

Wie die Phosphorsäure, so kann auch die Arseniksäure von sehr vielen Basen, namentlich von Metalloxyden, durchs Schmelzen mit kohlensaurem Alkali getrennt werden. In sehr vielen Fällen bewirkt man dadurch eine vollkommene Trennung, die oft durchaus nicht vollkommen erfolgen würde, wenn man die Lösung der arseniksauren Metalloxyde in einer Säure mit einem Uebermaafs einer Lösung eines kohlensauren Alkali's fällte.

Manche Metalloxyde und Erden geben in ihrer Verbin-

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 225.

nung mit Arseniksäure mit kohlenisaurem Natron eine mehr oder weniger leicht schmelzbare Masse. Die vollständige Zersetzung erfolgt aber nur, wenn das Ganze in einem vollkommenen Flufs gewesen ist.

Selbst die arseniksaure Kalkerde läst sich durchs Schmelzen mit kohlenisaurem Alkali ganz vollständig zersetzen, während bekanntlich bei der phosphorsauren Kalkerde dieß nicht der Fall ist. Mit kohlenisaurem Natron gemengt, schmilzt sie nicht ordentlich, sondern sintert kaum zusammen, selbst wenn die Menge des kohlenisauren Natrons außerordentlich groß ist, und das Glühen sehr lange fortgesetzt wird. Wendet man aber ein Gemenge von kohlenisaurem Natron und kohlenisaurem Kali nach gleichen Atomgewichten an, so schmilzt die Masse außerordentlich leicht, und die Zersetzung ist eine ganz vollständige.

Aber diese Methode der Zersetzung ist wegen der Materie der Gefäße, die man anzuwenden gezwungen ist, nicht gut ausführbar. Wendet man einen kleinen Porcellantiegel an, so wird aus demselben durch die Einwirkung des schmelzenden Alkali's zu viel Kieselsäure und Thonerde aufgenommen; die Glasur wird fast ganz aufgelöst. Nimmt man statt dessen einen Platintiegel, so wird das Platin durch die gemeinschaftliche Einwirkung des arseniksauren Alkali's und der Gase der Spirituslampe so stark angegriffen, daß es bisweilen durch das Glühen durchlöchert werden kann. Man vermindert zwar die Gefahr, den Platintiegel zu verderben, wenn man dem kohlenisauren Alkali etwas salpetersaures Alkali beimengt, wodurch die Masse auch schmelzbarer wird, aber es ist in jedem Falle diese Methode nur anzuwenden, wenn sehr wenig Arseniksäure in der zu untersuchenden Verbindung enthalten war.

**Trennung der Arseniksäure aus ihren Verbindungen durch Schwefelsäure und Alkohol.**

Ich habe vor einiger Zeit ausführlich die Versuche beschrieben, die Phosphorsäure von allen Basen durch Behandlung mit Schwefelsäure und Alkohol bei einem Zusatz

von schwefelsaurem Ammoniak zu trennen <sup>1)</sup>). Sie haben fast alle ein sehr ungünstiges Resultat gegeben. Nur die Zersetzung der phosphorsauren Magnesia gelang auf die angeführte Weise.

Auch die arseniksaure Magnesia läßt sich vollständig nach der beschriebenen Methode zerlegen. Hr. Weber zersetzte 1,030 Grm.  $Mg^2 As$  mit concentrirter Schwefelsäure bei ganz gelinder Temperatur, und fügte darauf schwefelsaures Ammoniak hinzu, worauf so lange erhitzt wurde, bis der Ueberschuss von Schwefelsäure sich verflüchtigt hatte. Nach dem Erkalten löste er die Masse unter gelinder Erwärmung in möglichst wenigem Wasser auf, und setzte darauf starken Alkohol hinzu. Nachdem die schwefelsaure Magnesia sich abgesetzt hatte, brachte Aether keine Trübung in der geklärten Flüssigkeit hervor. Der mit Alkohol gut ausgewaschene Niederschlag wog nach dem Glühen und dem Verjagen des ammonikalischen Salzes 0,799 Grm. Er löste sich in heissem Wasser bis auf eine sehr geringe Menge von Magnesia auf, wie dies immer bei der schwefelsauren Magnesia der Fall ist, wenn sie sehr stark geglüht worden ist. — 1,030 Grm.  $Mg^2 As$  entsprechen gerade 0,799 Grm. schwefelsaurer Magnesia.

Trennung der Arseniksäure von den Basen mittelst Salpetersäure und metallischen Quecksilbers.

Die Methode, durch welche es mir endlich gelang, die Phosphorsäure von fast allen Basen so zu trennen, daß man diese für sich untersuchen kann, ohne zu befürchten, daß sie noch gröfsere oder geringere Mengen von Phosphorsäure zurückhalten, die Methode nämlich, mittelst Auflösung in Salpetersäure und Zusetzen von metallischem Quecksilber die Säure als phosphorsaures Quecksilberoxydul abzuscheiden <sup>1)</sup>), kann mit demselben günstigen Erfolge auch bei den Verbindungen der Arseniksäure angewandt werden.

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 5.

2) Ebend. Bd. 76, S. 252.

Ich habe diese Methode so ausführlich beschrieben, daß ich mich hier nur auf diese meine frühere Beschreibung zu beziehen brauche. Aber in dem in Wasser unlöslichen Rückstand, der die ganze Menge der Arseniksäure, an Quecksilberoxydul gebunden, enthält, gemengt mit basisch salpetersaurem Quecksilberoxydul und metallischem Quecksilber, kann nicht, wie dort die Phosphorsäure, auf eine ähnliche Weise die Arseniksäure bestimmt werden. Denn es ist aus oben angeführten Gründen nicht möglich, das Ungelöste mit kohlensaurem Natron zu schmelzen, um die Arseniksäure an das Alkali zu binden, ohne nicht entweder vom Porcellantiegel Kieselerde und Thonerde aufzulösen, oder den Platintiegel zu verderben.

#### Bestimmung der Arseniksäure durch Bleioxyd.

Wenn Arseniksäure allein im Wasser gelöst, ihrer Menge nach gefunden werden soll, so kann dieß schneller, als wenn man sie als arseniksaure Ammoniak - Magnesia bestimmen will, auf die bekannte Weise geschehen, daß man die Auflösung mit einer gewogenen Menge von frisch geglühtem Bleioxyd abdampft und den Rückstand glüht. Man erhält dadurch ein sehr genaues Resultat. Aufser Salpetersäure und einige andere Säuren, die durchs Glühen vom Bleioxyd leicht ganz verjagt werden können, dürfen nicht andere flüchtige Substanzen in der Auflösung enthalten seyn, namentlich nicht ammoniakalische Salze, die nicht vom arseniksaurem Bleioxyd verflüchtigt werden können, ohne nicht die Arseniksäure zum Theil zu reduciren.

Arsenichte Säure wird durchs Glühen mit salpetersaurem Bleioxyd vollständig und ohne Verlust in Arseniksäure verwandelt.

1,310 Grm. arsenichter Säure, mit Salpetersäure oxydirt, die Auflösung mit 7,006 Grm. geglühtem Bleioxyd abgedampft, gab einen Rückstand, der nach dem Glühen 8,518 Grm. wog. Durch längeres und stärkeres Glühen veränderte er sein Gewicht nicht. 1,512 Grm. Arseniksäure entsprechen 1,302 Grm. arsenichter Säure.

## Trennung des Arsens vom Zinn.

Levol hat in neueren Zeiten eine Methode der Trennung bekannt gemacht, die nur den Nachtheil hat, daß man das Arsenik nicht mit einem Male, sondern durch mehrere Operationen erhält<sup>1)</sup>.

Er gründet seine Methode auf die Thatsache, daß wenn man eine Legirung beider Metalle mit Salpetersäure kocht, der ganze Arsenikgehalt beim Zinnoxid als arseniksaures Zinnoxid zurückgehalten wird, wenn der Gehalt des Arsens in der Legirung nicht mehr als 5 Proc. beträgt. Ist der Arsenikgehalt in der Legirung größer, und überschreitet er 8 Proc., so wird dieser Ueberschuß von der Salpetersäure aufgenommen, und kann auf die gewöhnliche Weise bestimmt werden. In dem ungelösten arseniksauren Zinnoxid wird die Menge des Arsens bestimmt, indem man es durch Wasserstoffgas reducirt, wodurch ein Theil des Arsens metallisch sublimirt, und eine Legirung von Zinn mit wenig Arsenik erhalten wird, die bei der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure neben Wasserstoffgas auch Arsenikwasserstoffgas entwickelt, und einen festen Arsenikwasserstoff ungelöst zurückläßt, in welchen man die Mengen des Arsens bestimmen muß.

Ich habe diese Methode von Levol nicht geprüft, und weiß daher nicht, ob die erhaltenen Resultate bei der mühsamen Untersuchung hinreichend genau sind.

Statt dieser Methode der Trennung des Arsens vom Zinn kann man sich anderer bedienen, welche ein schnelleres und zugleich auch wohl ein genaueres Resultat geben.

Soll eine Verbindung von Zinn und Arsenik im metallischen Zustande untersucht werden, so mengt man die möglichst fein zertheilte Legirung in einem nicht zu kleinen Porcellantiegel mit 5 Theilen trockenem kohlsaurem Natron und eben so vielem Schwefel innig zusammen, und schmelzt das Gemenge bei einer nicht zu starken Hitze über der Spirituslampe. Hat es eine tief dunkelbraune Farbe an-

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. Reihe. Bd. 16. S. 493.

angenommen, und schäumt es nicht mehr, so giebt man eine starke Glühhitze, und unterhält dieselbe so lange, bis die ganze Masse ganz dünnflüssig geworden ist, und keine Blasen mehr wirft. Nach dem Erkalten weicht man sie in heissem Wasser auf. Der Porcellantiegel wird hierbei nicht angegriffen. Die Masse ist vollständig im Wasser löslich; bisweilen bleibt jedoch ein sehr geringer schwarzer, aus Schwefeleisen bestehender Rückstand, dessen Eisen theils in der Legirung enthalten war, theils auch durch das Feilen in die Masse gekommen seyn konnte. Man kann diese Spur von Schwefeleisen abfiltriren; es läßt sich oft selbst mit reinem Wasser aussüßen. Nach dem Auswaschen verwandelt es sich durchs Glühen in Eisenoxyd, aus welchem man den Eisengehalt berechnen, und von dem Gewichte der Legirung abziehen kann. Die vom Schwefeleisen abfiltrirte Flüssigkeit wird mit einer grossen Menge von Wasser verdünnt, und vorsichtig mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, wodurch ein voluminöser röthlich brauner Niederschlag von Schwefelzinn und Schwefelarsenik entsteht. Man erwärmt das Ganze bei sehr gelinder Hitze so lange, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff ziemlich verschwunden ist, und filtrirt den Niederschlag auf einem gewogenen Filtrum. Man süßt ihn zuerst mit Wasser aus, das man mit einer sehr geringen Menge von Chlorwasserstoffsäure versetzt, und zuletzt mit reinem Wasser. Darauf trocknet man ihn, bis er ein geringes Volumen einnimmt, und erwärmt ihn dann im Platintiegel bei  $100^{\circ}$  C. so lange, bis er nicht mehr an Gewicht abnimmt.

Hat man zum Fällen der Schwefelmetalle verdünnte Schwefelsäure angewandt, so ist der Niederschlag bei weitem voluminöser, das Trocknen desselben ist mit einem grossen Zeitverlust verknüpft; auch wird das Filtrum weit stärker von der Schwefelsäure als von der Chlorwasserstoffsäure angegriffen.

Nach dem Trocknen und Wägen der Schwefelmetalle bringt man einen Theil derselben in eine gewogene, auf beiden Seiten mit Röhren von verschiedenem Durchmesser

versehene Glaskugel. Der der einen kann klein seyn, der der andern muß einen Viertelzoll groß seyn, um nicht verstopft zu werden. Man bestimmt darauf das Gewicht derselben mit den Schwefelmetallen, biegt dann das weite Glasrohr der Kugelhöhre zu einem rechten oder vielmehr etwas stumpfen Winkel, und führt den gebogenen Theil in Ammoniakflüssigkeit, welche in einem Glas oder besser in einem Glaskolben enthalten ist. Man bringt darauf die Kugelhöhre mit einem Apparat in Verbindung, in welchem Schwefelwasserstoffgas entwickelt wird, das zum Trocknen durch eine Röhre von Chlorcalcium streicht.

Wenn der ganze Apparat mit Schwefelwasserstoffgas angefüllt ist, so erwärmt man die Kugel zuerst gelinde, und nach und nach stärker. Es sublimirt sich Schwefelarsenik und Schwefel, die man beide durch die Flamme einer kleinen Spirituslampe weiter nach der Ammoniakflüssigkeit zu treiben muß. Das Schwefelarsenik wird in dem Ammoniak aufgelöst; der Schwefel aber, wenn er als Dampf oder als flüssiger Schwefel mit dem Ammoniak in Berührung kommt, scheidet sich aus, wird jedoch in dem Maasse, als das Ammoniak vom Schwefelwasserstoffgas in Schwefelammonium verwandelt wird, ebenfalls gelöst. Man fährt mit dem Erhitzen der Schwefelmetalle und mit dem Darüberleiten des Gases so lange fort, als sich noch ein Anflug von einem gelben Sublimate bildet. Um dieß gut beurtheilen zu können, treibt man das in der Glasröhre befindliche Sublimat nach dem Kolben zu und erhitzt darauf die Kugel etwas minder stark; zeigt sich dann kein neuer Anflug, so ist die Operation beendet. Man darf die Kugel hierbei deshalb nicht stark erhitzen, weil bei zu starker Glühhitze das Schwefelwasserstoffgas selbst zum Theil zersetzt und Schwefel abgeschieden wird, dessen Absetzen zu der Vermuthung Veranlassung geben kann, daß die Operation noch nicht beendet sey.

Nach dem vollständigen Erkalten des Apparates schneidet man die Glasröhre, in welcher ein Theil von dem Sublimate enthalten ist, nicht weit von der Kugel ab. Das

in der Röhre Enthaltene läßt sich nicht durch Abspülen oder durch mechanische Mittel vom Glase trennen; man zerschneidet daher die Röhre in mehrere Stücke und legt sie in eine Auflösung von Kalihydrat. Wenn man sie damit erwärmt, wird das Sublimat mit der größten Leichtigkeit aufgelöst. Nach dem Abspülen der Glasröhren vereinigt man die Flüssigkeit mit der im Kolben befindlichen Ammoniakflüssigkeit, und übersättigt das Ganze vorsichtig mit Chlorwasserstoffsäure. Ohne den entstandenen Niederschlag abzufiltriren, setzt man chloresaures Kali nach und nach hinzu, und erwärmt sehr gelinde. Das Arsenik oxydirt sich zu Arsensäure; der größte Theil des Schwefels bleibt aber ungelöst. Wenn man sieht, daß das nicht Oxydirte Schwefel ist, und kein Arsenik mehr enthält, so wird es abfiltrirt. Man übersättigt die filtrirte Flüssigkeit mit Ammoniak und fällt in ihr nach der oben beschriebenen Methode arseniksaure Ammoniak-Magnesia, die man bei 100° C. trocknet, und aus deren Gewicht man den Arsenikgehalt berechnet.

Der in der Kugel enthaltene Rückstand ist von schwarzer Farbe und besteht aus Schwefelzinn. Aus dem Gewichte läßt sich der Zinngehalt nicht berechnen, da in ihm immer mehr Schwefel enthalten ist, als die Verbindung  $\text{Sn S}$  enthält. Man schüttet das Schwefelmetall daher aus der Kugel in einen kleinen tarirten Porcellantiegel, befeuchtet es mit etwas Salpetersäure, und verwandelt es durch vorsichtiges Rösten in Zinnoxid.

Aus den aus einem Theile der Schwefelmetalle erhaltenen Mengen von Arsenik und Zinn berechnet man die in der ganzen Menge derselben.

Diese Methode giebt, wenn sie nur einigermassen mit Sorgfalt ausgeführt wird, sehr genaue Resultate.

Elsner suchte die Trennung des Zinns vom Arsenik auf die Weise zu bewerkstelligen, daß er in der Auflösung beider Metalle dieselben durch Schwefelwasserstoffgas in Schwefelmetalle verwandelte, welche er aber mit Wasserstoffgas zu behandeln vorschlug. Dadurch werden

jedoch beide zum Theil reducirt, und das rückständige Zinn enthält Arsenik, das durch blofse Erhitzung aus demselben nicht verflüchtigt werden kann.

Wollte man eine Legirung von Zinn und Arsenik unmittelbar mit Schwefelwasserstoffgas behandeln, um beide Metalle in Schwefelmetalle zu verwandeln, die durchs Erhitzen in einer Atmosphäre von Schwefelwasserstoffgas getrennt werden können, so würde man seinen Zweck nur sehr unvollständig erreichen, weil die Verwandlung der Metalle in Schwefelmetalle nur unvollkommen von statten geht.

Hat man indessen die beiden Metalle im oxydirten Zustande, so geht es sehr gut an, die Oxyde auf dieselbe Art, wie die Schwefelmetalle in einer Atmosphäre von Schwefelwasserstoffgas zu erhitzen. Diese Methode giebt dieselben genauen Resultate, wie wenn man die Metalle erst in Schwefelmetalle verwandelt.

Man kann deshalb auch die Legirung von Arsenik und Zinn, statt sie mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Schwefel zu schmelzen, vorsichtig im fein zertheilten Zustande mit Salpetersäure übergießen, um sie zu oxydiren. Man thut dies am besten in einem größeren Porcellantiegel, der ungefähr 6 Loth Wasser fassen kann, in welchem man die feinzertheilte Legirung mit Salpetersäure tropfenweis übergießt, während man den Tiegel mit einem Uhrglase bedeckt hält. Man fährt mit dem allmäligen Zutropfeln der Säure fort, bis die heftige Einwirkung vorüber ist, und die Legirung sich in ein trocknes weißes Pulver verwandelt hat. Man setzt dann zur vollständigen Oxydation noch mehr Salpetersäure hinzu, und dampft das Ganze in einem Wasserbade bis zur Trocknifs ein. Die trockne Oxyde bringt man in einen kleinen tarirten Platintiegel, spült den Porcellantiegel mit Wasser sorgfältig aus, dampft wiederum im Wasserbade ein, und trocknet sie im Luftbade bei  $100^{\circ}$  C. so lange, bis sie ihr Gewicht nicht mehr verändern. Man bringt dann eine gewogene Menge in eine Kugelhöhre von der oben beschriebenen

Einrichtung, und behandelt sie mit Schwefelwasserstoffgas ganz auf dieselbe Weise, wie dies oben bei den Schwefelmetallen gezeigt worden ist.

Die Resultate, die Hr. Weber durch Anwendung dieser Methoden erhalten sind folgende:

Es wurde eine Legirung von viel Zinn mit wenig Arsenik zusammengesetzt. Sie hatte ganz krystallinischen Bruch, und veränderte sich im fein zertheilten Zustand in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas, bis zum Glühen erhitzt, gar nicht. Durchs Glühen in einer Atmosphäre von Schwefelwasserstoffgas nahm sie nur unbedeutend an Gewicht zu.

Ein Theil der Legirung wurde durchs Schmelzen mit kohlensaurem Natron und Schwefel in Schwefelmetalle verwandelt, und diese auf die oben beschriebene Methode zerlegt. Es wurde das Resultat I. erhalten.

Ein zweiter Theil der Legirung wurde durch Salpetersäure oxydirt, und die oxydirte Masse, mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, gab das Resultat II.

	I.	II.
Arsenik	5,49	5,41
Zinn	93,92	94,47
	<hr/> 99,41	<hr/> 99,88.

Die Resultate weichen nur hinsichtlich des Zinngehalts um etwas von einander ab <sup>1)</sup>).

Wenn man bei der Trennung des Zinns vom Arsenik nur die Menge des erstern Metalls unmittelbar, und die des Arsens durch den Verlust bestimmen will, so kann dies vermittelt Cyankaliums geschehen, dessen sich schon Will und andere zur Trennung des Arsens bedient haben. Die Legirung wird auf die so eben beschriebene Weise durch Salpetersäure oxydirt, die trocknen Oxyde

1) Nachdem diese Versuche schon vor längerer Zeit vollendet waren, ersah ich, daß neulich Ebelmen eine ähnliche Methode zur Trennung des Zinns vom Arsenik vorgeschlagen hat (Ann. de Chim. et de Phys. 3te Reihe. Bd. 25, S. 100.)

in einen kleinen Porcellantiegel gebracht, und der Rückstand in dem größern Tiegel mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron ausgespült, worauf man wiederum im Wasserbade das Ganze in dem kleinen Tiegel bis zur Trockniss abdampft. Die trockne Masse mengt man mit gleichen Theilen von kohlensaurem Natron und von Cyankalium, und schmelzt das Gemenge, wodurch das reducirte Arsenik verflüchtigt wird. Wird die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt, so hinterlässt sie einen grauen Rückstand ungelöst. Die von demselben abfiltrirte Flüssigkeit, mit verdünnter Schwefelsäure übersättigt, entwickelt eine große Menge von Cyanwasserstoffsäure und giebt einen starken Niederschlag von Zinnoxyd. Man leitet durch die zinnoxydhaltige Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas, wodurch alles Zinn als Schwefelzinn ausgeschieden wird.

Der graue Rückstand, der aus metallischem und oxydirtem Zinn besteht, wird mit Salpetersäure erhitzt, und dadurch oxydirt. Durch nachherige Erbitzung mit Chlorwasserstoffsäure wird er in Wasser nicht löslich, weil, wegen des Schmelzens mit kohlensaurem Natron, diejenige Modification des Zinnoxyds entstanden ist, welche der Einwirkung fast aller Reagentien widersteht, und nur durch eine lange Behandlung mit Schwefelwasserstoffgas in Schwefelzinn verwandelt werden kann <sup>1)</sup>. Man verdünnt daher das Ganze mit Wasser und leitet längere Zeit Schwefelwasserstoffgas hindurch. Die beiden erhaltenen Niederschläge, welche übrigens nicht gelb, sondern rothbraun aussehen, werden gemeinschaftlich filtrirt und nach dem Auswaschen und Trocknen beim Zutritt der Luft in Zinnoxyd verwandelt. Wenn die Menge des erhaltenen Schwefelzinns bedeutend und dasselbe sehr voluminös ist, so thut man oft gut, nach dem Glühen des Schwefelzinns dasselbe mit etwas Salpetersäure zu befeuchten, und dann vorsichtig und unter Zusetzen von etwas kohlensaurem Ammoniak mit dem Glühen fortzufahren.

Man erhält nach dieser Methode zwar ein Zinnoxyd, das ganz arsenikfrei ist; da aber das Schmelzen wegen der

1) Pogg. Ann. Bd. 75, S. 23.

Anwesenheit des Arsens nicht füglich in einem Platintiegel geschehen kann, sondern in einem Porcellantiegel vorgenommen werden muß, so wird dieser, selbst wenn er von Berliner Porcellan ist, etwas angegriffen. Nur dies ist der Grund, weshalb man etwas Zinnoxid mehr erhält, als man eigentlich erhalten sollte. Denn das Zinnoxid enthält etwas von der Porcellanmasse, von welcher es nicht getrennt werden kann, da es sich nicht vollständig in Chlorwasserstoffsäure auflösen läßt. Es kann indessen beim vorsichtigen Schmelzen die Menge dieser Verunreinigung nur sehr gering seyn, und dann oft weit weniger als ein Procent betragen, so daß diese Methode dennoch in einigen Fällen schon der Leichtigkeit wegen, mit welcher sie auszuführen ist, angewandt werden kann.

Hr. Weber erhielt aus 1,543 Grm. der oben erwähnten Legirung von Zinn und Arsenik nach dieser Methode 1,471 Grm. Zinnoxid. Dies sind 95,31 Proc. Zinn in der Legirung, die nach den oben erwähnten Untersuchungen etwas weniger davon enthielt. Aber das erhaltene Zinnoxid war mit etwas Porcellanmasse verunreinigt.

Das Arsenik kann aus dem Verluste auch durch folgende leichtere Methode gefunden werden. Man verwandelt beide Metalle in Schwefelmetalle, entweder durchs Schmelzen der Metalle oder ihrer Oxyde mit kohlen-saurem Natron und Schwefel, oder indem man durch die saure Auflösung der aufgelösten Oxyde Schwefelwasserstoffgas leitet. Der getrocknete Niederschlag der Schwefelmetalle wird in einem mit einem Porcellandeckel bedeckten Porcellantiegel zuerst einer geringen und darauf einer stärkeren Hitze, welche bis zur Rothgluth gesteigert werden muß, ausgesetzt. Dadurch verflüchtigt sich das Schwefelarsenik vollständig, und es bleibt schwarzes Schwefelzinn zurück, welches man durchs Erhitzen an der Luft in Zinnoxid verwandelt. Das Resultat, das man nach dieser Methode erhält, ist ein genaueres, als das durchs Cyankalium erhaltene.

Hat man nach irgend einer Methode das Zinn vom Ar-

senik getrennt, so ist es rathsam, das erhaltene Zinnoxid nach dem Wägen auf einen Arsenikgehalt zu untersuchen. Diefes geschieht am besten auf die Weise, dafs man einen Theil des Zinnoxids mit etwas kohlenisaurem Natron und Cyankalium in einem Agatmörser zusammenreibt, und das Gemenge in einer Glasröhre von etwas schwer schmelzbarem Glase, welche an einem Ende zugeschmolzen ist, durch die Flamme der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit der Vorsicht schmelzt, dafs das entweichende Wasser nicht an die glühende Stelle zurückfliessen, und das Glas sprengen kann. Enthält das Zinnoxid auch nur die geringsten Mengen von Arsenik, so zeigt sich an der kalten Stelle der Glasröhre ein metallischer Spiegel von Arsenik. Wenn man indessen nach den angegebenen Methoden mit Vorsicht das Zinn vom Arsenik getrennt hat, so wird man es vollkommen frei von jeder Spur von Arsenik finden.

Andere Methoden, die Trennung des Zinns vom Arsenik zu bewerkstelligen, geben keine genauen Resultate. Es ist schon oben angeführt worden, dafs eine Trennung beider Metalle vermittelst Salpetersäure nicht gelingt, indem das entstandene Zinnoxid oft einen Theil, oft die ganze Menge des Arsens der Legirung enthalten kann. Aber auch, wenn man beide Metalle in Königswasser auflöst, die Auflösung mit einer grofsen Menge von Wasser (dem 50fachen Volumen) verdünnt, und das aufgelöste Zinnoxid durch Schwefelsäure zu fällen sucht, so erhält der Niederschlag des schwefelsauren Zinnoxids eine grofse Menge von Arsenik. Es geht auch nicht an, aus der Auflösung beider Metalle in Königswasser das Zinnoxid durch kohlenisaure Kalkerde zu fällen, selbst bei einem grofsen Zusatz von Chlorammonium, welches sonst auf die vollständige Fällung des Zinnoxids durch kohlenisaure Kalkerde nicht hinderlich einwirkt, wohl aber die Fällung der arseniksauren und arsenichtsauen Kalkerde verhindert. Das gefällte Zinnoxid enthält dessen ungeachtet eine, wiewohl geringe, Menge von Arsenik. Ebenso wenig glückt auch die Trennung beider Metalle durch kohlenisaure Baryterde.

### Trennung des Arsensiks vom Antimon.

Während das Arsenik vom Zinn durchs Erhitzen beim Ausschluss der Luft nicht getrennt werden kann, kann das Arsenik vom Antimon vollständig verjagt werden. Die Trennung kann am besten in einer Atmosphäre von Kohlensäuregas bewerkstelligt werden. Das Antimon ist aber vielleicht das einzige Metall, von welchem durch bloße Erhitzung die ganze Menge des Arsensiks abgetrieben werden kann.

Sind indessen Arsenik und Antimon in einer Flüssigkeit aufgelöst, oder sind beide Metalle im festen Zustande noch mit andern Substanzen verbunden, so pflegte ich früher die Trennung auf die Weise zu bewirken, daß ich die Metalle in Schwefelmetalle verwandelte, und diese in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzte, wodurch metallisches Antimon zurückbleibt, während das Arsenik, theils als Metall, theils als Schwefelverbindung sich verflüchtigt <sup>1)</sup>. Wenn in einem andern Theile der getrockneten Schwefelmetalle die Menge des Schwefels bestimmt worden war, so konnte die der beiden Metalle berechnet werden.

Bei der Erhitzung der Schwefelmetalle in Wasserstoffgas ist es nicht zu verhindern, daß mit den Dämpfen des Arsensiks und des Schwefelarsensiks etwas Antimon sich verflüchtigt, das als Antimonwasserstoffgas entweicht. Es ist aber nöthig, die Schwefelmetalle in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas zu erhitzen, weil bei einer Destillation in einer Atmosphäre von Kohlensäuregas eine nicht unbedeutende Menge von Schwefelantimon, das flüchtiger als metallisches Antimon ist, mit dem Schwefelarsenik davon geht.

Da Schwefelantimon, sowohl das, welches der antimonsäuren Säure, als auch das, welches der Antimonsäure entspricht, durch concentrirte Chlorwasserstoffsäure vollständig unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas, besonders bei Anwendung einer ganz geringen Hitze zersetzt wird; die den beiden Säuren des Arsensiks entsprechenden

1) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 461.

Schwefelverbindungen hingegen hartnäckig der Einwirkung der concentrirtesten Chlorwasserstoffsäure auch bei erhöhter Temperatur widerstehen, so kann man Antimon und Arsenik auch auf die Weise trennen, daß man beide Metalle in Schwefelmetalle verwandelt, und diese in einem Kolben mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure übergießt. Man läßt diese Säure erst kalt einwirken, darauf aber unterstützt man die Einwirkung durch eine gelinde Hitze. Der Kolben muß geräumig seyn, damit durch das Erhitzen nicht Chlorantimon sich verflüchtigen kann. Wenn das Schwefelarsenik von rein gelber Farbe zurückgeblieben ist, setzt man Weinsteinssäure und Wasser hinzu, um dasselbe filtriren und aussüßsen zu können. Aus der Auflösung fällt man das Antimon durch Schwefelwasserstoffgas.

Das Schwefelarsenik braucht in den meisten Fällen nicht gewogen zu werden. Wenn das Schwefelantimon nicht gerade der antimonichten Säure analog zusammengesetzt war, so hinterläßt es bei seiner Auflösung in Chlorwasserstoffsäure Schwefel, wodurch das Gewicht des Schwefelarseniks vermehrt wird. Man behandelt daher am besten das Schwefelarsenik mit Chlorwasserstoffsäure und chloresaurem Kali, um die entstandene Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia fallen zu können.

Nach dieser Methode erhält man indessen immer etwas Arsenik zu wenig. Es muß sich in Verbindung mit Schwefelantimon etwas Schwefelarsenik in Chlorwasserstoffsäure auflösen. Der Verlust an Arsenik beträgt gewöhnlich einige Procent. So vortrefflich daher diese Methode bei qualitativen Untersuchungen zu benutzen ist, so ist es nicht rathsam, sie bei quantitativen Analysen anzuwenden.

Die besten Methoden der Trennung des Arseniks vom Antimon sind folgende zwei, von denen man die eine besonders anwenden kann, wenn beide Metalle im oxydirten Zustand in fester Form von einander zu scheiden sind, die zweite besonders bei Auflösungen zu gebrauchen ist.

Die erste Methode ist wesentlich der ähnlich, welche ich vor längerer Zeit vorschlug, um Zinn von Antimon zu

trennen<sup>1)</sup>). Man schmelzt die Verbindung vorsichtig im Silbertiegel mit ungefähr der achtfachen Menge von reinem Natronhydrat über der Spirituslampe und läßt das Ganze einige Zeit im Flufs. Die geschmolzene Masse wird so lange in Wasser aufgeweicht, bis das ungelöste antimon-saure Natron ein fein zertheiltes Pulver bildet. Man reinigt den Tiegel sorgfältig mit Wasser und bringt das Spülwasser zu der milchichten Flüssigkeit. Es wird darauf so viel Alkohol von 0,83 spec. Gewicht zu derselben hinzugefügt, dafs das Volumenverhältnifs desselben zum Wasser wie 1 zu 3 wird. Man läßt den Niederschlag unter öfterem Umrühren 24 Stunden hindurch stehen; er wird darauf filtrirt und mit alkoholhaltigem Wasser ausgewaschen. Man wendet dazu zuerst eine Mengung an, die aus 3 Vol. Wasser und 1 Vol. Alkohol von der angeführten Stärke besteht; darauf eine etwas stärkere, zuerst aus 2 Vol. Wasser und 1 Vol. Alkohol, dann aus gleichen Vol. Wasser und Alkohol bestehend, und endlich wäscht man mit einer Mengung von 3 Vol. Alkohol und 1 Vol. Wasser den Niederschlag so lange aus, bis in einer nicht unbedeutenden Menge der abfiltrirten Flüssigkeit, nachdem sie mit Wasser vermischt und mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht worden ist, durch Schwefelwasserstoffwasser keine gelbliche Färbung mehr hervorgebracht wird.

Das auf dem Filtrum befindliche antimon-saure Natron wird entweder vom Filtrum gespült, oder auf demselben mit einem heifsen Gemenge von concentrirter Chlorwasserstoffsäure und Weinsteinsäure, in welchem es sich leicht auflöst, übergossen, und das Filtrum mit heifsem chlorwasserstoffsauerm Wasser, zu welchem man Weinsteinsäure gesetzt hat, so lange ausgewaschen, bis Schwefelwasserstoffwasser in der abgelaufenen Flüssigkeit keine röthliche Trübung mehr hervorbringt. Die Lösung wird mit Wasser verdünnt, und aus derselben das Antimon durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelmetall gefällt.

Die vom antimon-sauren Natron getrennte, Alkohol ent-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 71, S. 307.

haltende alkalische Flüssigkeit wird unter erneuertem Zusatz von Wasser so lange gelinde erhitzt, bis der alkoholische Geruch fast verschwunden ist; darauf wird sie mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, sodann wiederum mit Ammoniak versetzt, und die Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia gefällt.

Ist eine Legirung von Arsenik und Antimon zu untersuchen, so muß sie zuerst gepulvert durch Salpetersäure vorsichtig oxydirt werden, wenn die Trennung mittelst des Natronhydrats geschehen soll. Man übergießt nach und nach das Pulver der Legirung mit starker und reiner Salpetersäure (vom spec. Gewicht 1,4), und dampft das Ganze im Wasserbade bis zur Trockniss ab. Das erhaltene weiße Pulver wird in den Silbertiegel gebracht, das Gefäß, in welchem die Oxydation geschah, sorgfältig mit einer Auflösung von Natronhydrat ausgespült, und dies im Silbertiegel im Wasserbade zur Trockniss verdampft, worauf die trockne Masse mit Natronhydrat geschmolzen wird.

Um diese Methode zu prüfen, hat Hr. Weber folgenden Versuch angestellt. Es wurden genommen:

Metallisches Antimon	1,988 Grm.	=	77,56 Proc.
- Arsenik	0,575	-	= 22,44 -
	<u>2,563</u>		<u>100,00.</u>

Es wurden erhalten:

3,322 Grm. Schwefelantimon; diese gaben metallisches Antimon . . . . .	1,979 Grm.	=	77,21 Proc. 1)
und 1,403 Mg <sup>2</sup> As + NH <sup>4</sup> + H			
= Arsenik . . . . .	0,550	-	= 21,46 -
	<u>2,529.</u>	-	<u>98,67.</u>

Leichter und schneller auszuführen ist die zweite Methode der Trennung des Antimons vom Arsenik, die be-

1) Vor kurzer Zeit hat C. Meyer (Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 66, S. 236) eine Trennung des Antimons und des Arseniks auf eine ähnliche Weise vorgeschlagen.

sonders anzuwenden ist, wenn beide Metalle als Säuren in einer Auflösung enthalten sind. Sie kann aber auch angewandt werden, wenn beide Metalle als Legirung oder im geschwefelten Zustande untersucht werden sollen. Diese werden vorsichtig oxydirt, entweder durch Königswasser oder besser durch Chlorwasserstoffsäure und chloresaures Kali. Zur Auflösung setzt man Weinsteinsäure, eine beträchtliche Menge von Chlorammonium und darauf Ammoniak im Ueberschufs. Es darf dadurch kein Niederschlag entstehen, sondern die Auflösung muß vollständig klar bleiben. Entsteht aber dennoch eine geringe Fällung, so war gewöhnlich eine nicht hinreichende Menge von Chlorammonium oder von Weinsteinsäure hinzugefügt worden. In diesem Falle gießt man die klare Flüssigkeit ab, und sucht den Niederschlag in Weinsteinsäure aufzulösen, worauf man dann Chlorammonium und Ammoniak hinzufügt, und die Auflösung mit der andern vermischt. Wenn indessen etwas Antimonsäure sich abgeschieden hat, so ist es oft schwer sie wieder aufzulösen; es ist daher besser, der theilweisen Fällung derselben zuvorzukommen, was man von Anfang an durch einen gehörigen Zusatz von Chlorammonium leicht erreichen kann.

Aus der Auflösung wird darauf die Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Den Niederschlag läßt man sich absetzen, filtrirt ihn nach kurzer Zeit, und bestimmt aus ihm die Menge des Arsens. Man muß die Flüssigkeit über dem Niederschlage nicht zu lange, auch selbst nicht in der Kälte stehen lassen, sondern nur wenige Stunden, und durchaus nicht während einer Nacht oder länger. Durch eine längere Einwirkung der weinstein-sauren Flüssigkeit lösen sich nicht ganz unbedeutende Mengen des Niederschlags auf.

Aus der von der Fällung getrennten Flüssigkeit fällt man, nachdem sie durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht worden ist, das Antimon durch Schwefelwasserstoffgas.

Diese Methode, welche ich schon seit einigen Jahren

in mein Laboratorium eingeführt habe <sup>1)</sup> giebt bei Anwendung aller Vorsicht genaue Resultate, und ist der ersten in den meisten Fällen schon deshalb vorzuziehen, weil man die Anwendung des Silbertiegels vermeidet. Ich habe diese Methode auch angewandt, um bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen geringe Mengen von Antimon vom Arsenik zu unterscheiden, und um zu finden, ob letzteres rein ist oder Antimon enthält.

Wenn man nämlich nach der Marsh'schen Methode aus dem Arsenikwasserstoffgas das Arsenik metallisch darstellt, so geschieht dies entweder auf die Weise, daß man in der Flamme des Gases eine weiße Porcellanplatte oder die innere Oberfläche einer Porcellanschale hält, auf welche schwarze oder braune Flecke von metallischem Arsenik sich absetzen, oder daß man das Gas durch eine Glasröhre von kleinem Durchmesser und schwer schmelzbarem Glase leitet, und diese bis zum Glühen bringt, wodurch sich ein metallischer Spiegel von Arsenik an die nicht zum Glühen gebrachten Stellen der Röhre absetzt.

Wenn statt des Arsenikwasserstoffgases Antimonwasserstoffgas auf dieselbe Weise behandelt wird, so setzt sich bekanntlich in beiden Fällen metallisches Antimon ab, das in kleinen Mengen schwer vom Arsenik zu unterscheiden ist.

Man hat sehr viele Methoden vorgeschlagen, um die kleinen Mengen beider Metalle, die man aus ihren gasförmigen Verbindungen mit Wasserstoff erhält, von einander zu unterscheiden. Die meisten erfüllen ihren Zweck nicht vollkommen, weil die Wirkung der meisten vorgeschlagenen Reagentien die seyn soll, die geringen Mengen des Arseniks früher anzugreifen und zu oxydiren, als die des Antimons. Es kann aber oft ein dünner Spiegel von Antimon scheinbar eine gleiche Löslichkeit und Oxydirbarkeit zeigen, wie ein dickerer Spiegel von Arsenik. Auf diese

1) Eine ähnliche Methode der Trennung des Arseniks vom Antimon hat vor kurzer Zeit auch Ullgren vorgeschlagen (*Oefversigt af Vetenskaps-Academiens Förhandlingar* 1848. No. 1.)

Weise kann selbst die Probe von Cotterau täuschen, die unter allen unstreitig eine der besten ist. Eine dünne Lage von Antimon hat ferner an den Rändern oft eine gleiche bräunliche Farbe wie eine dickere Schicht von Arsenik, und auch die gröfsere oder geringere Flüchtigkeit der beiden Metalle in sehr kleinen Mengen kann täuschen, wenn die Röhren von einem dickeren oder dünneren Glase sind.

Hat man den Metallspiegel in einer Glasröhre sich absetzen lassen, so ist freilich der Knoblauchsgeruch, den man beim Erhitzen derselben erhält, charakteristisch für die Gegenwart des Arseniks. Von andern Proben aber, besonders wenn man zugleich sehen will, ob der Spiegel nicht auch aus beiden Metallen besteht, scheint mir nach vielfältigen Versuchen folgende die beste zu seyn, wenn der Metallspiegel in einer Glasröhre erhalten worden ist:

Man schneidet von der Glasröhre die Stelle, wo der Metallspiegel sich abgesetzt hat, mit der Feile ab, legt dieses Stück der Glasröhre in ein Reagensglas, bringt einige Gran von chloresurem Kali hinein, setzt darauf so viel Chlorwasserstoffsäure dazu, dafs der Spiegel davon benetzt werden kann, und läfst das Ganze in der Kälte stehen. Der Spiegel verschwindet bald, und löst sich in der Säure auf, wenn er aus Arsenik besteht. Ein Antimonspiegel widersteht sehr lange der Einwirkung des Chlors, und es dauert sehr lange, ehe er sich in der Säure aufgelöst hat, wozu sogar oft ein Erwärmen nöthig ist. Es ist aber sehr gut möglich, dafs ein dicker Arsenikspiegel oft später unter den angegebenen Umständen verschwindet, als ein dünner Antimonspiegel, und es ist nicht möglich, durch blosses Ansehen darüber zu entscheiden, ob ein Metallspiegel mehr oder weniger dick oder dünn ist.

Wenn der Spiegel auch beim Erwärmen, das immer ein gelindes seyn mufs, weil sich sonst etwas Chlorarsenik verflüchtigen könnte, sich nicht vollständig auflösen will, so setzt man von neuem eine kleine Menge des chloresuren Kali's hinzu. Nach völliger Auflösung erwärme man das Ganze sehr gelinde, aber längere Zeit. Es ist dies

nothwendig, weil das Arsenik sich in Arseniksäure verwandeln muß, aber sich oft nur arsenichte Säure bildet, wenn der Spiegel in der Kälte aufgelöst wird. Man spült dann das Stück der Glasröhre ab, setzt etwas von einer concentrirten Auflösung von Weinsteinssäure, so wie von einer gleichfalls concentrirten Auflösung von Chlorammonium hinzu, und übersättigt das Ganze mit Ammoniak, worauf man dasselbe längere Zeit stehen läßt. Es darf sich keine Spur von Fällung zeigen, auch wenn der Spiegel aus Antimon bestand. Wenn sich dennoch eine zeigt, so ist die Ursach davon immer ein zu geringer Zusatz von Weinsteinssäure oder von Chlorammonium. Man muß dieß, wie schon oben erwähnt wurde, zu vermeiden suchen; denn hat einmal nach Uebersättigung mit Ammoniak sich etwas Antimonsäure ausgeschieden, so läßt sie sich etwas schwer durch Weinsteinssäure wieder auflösen. Zu der klaren Flüssigkeit setzt man ein Gemisch von klaren Auflösungen von schwefelsaurer Magnesia, von Chlorammonium, von Weinsteinssäure und von überschüssigem Ammoniak. Nach dem Umschütteln läßt man das Ganze in der Kälte stehen. Es zeigt sich dann nach einiger Zeit ein größerer oder geringerer Niederschlag, wenn der Metallspiegel aus Arsenik bestand; es entsteht aber nicht die mindeste Trübung, wenn derselbe reines Antimon war.

Hat man einen Niederschlag von arseniksaurer Ammoniak-Magnesia erhalten, so muß derselbe, nachdem er sich in der Kälte abgesetzt hat, nach einigen Stunden filtrirt, und mit ammoniakhaltigem Wasser ausgesüßt werden. Die abfiltrirte Flüssigkeit übersättigt man mit Chlorwasserstoffsäure, und setzt zu ihr Schwefelwasserstoffwasser, worauf man sie bedeckt stehen läßt. Wird dadurch auch nach längerer Zeit keine Veränderung bewirkt, so bestand der Spiegel bloß aus Arsenik; entsteht aber ein größerer oder geringerer oranienrother Niederschlag, so war neben Arsenik auch Antimon im Metallspiegel enthalten.

Bei gerichtlichen Untersuchungen muß die erhaltene arseniksaure Ammoniak-Magnesia der Sicherheit wegen auf einen

einen Gehalt an Arsenik untersucht werden. Wenn der Niederschlag auf einem kleinen Filtrum gesammelt und aus-  
gesüßt worden ist, so wird er getrocknet, vom Filtrum  
getrennt, in einem kleinen Agatmörser mit Cyankalium al-  
lein, oder mit Cyankalium und etwas kohlensaurem Na-  
tron gemengt, und in einer an einem Ende zugeschmolze-  
nen Glasröhre durch die Flamme einer Spirituslampe mit  
doppeltem Luftzuge geglüht. War kohlensaures Natron in  
dem angewandten Gemenge, so darf die Glasröhre einen  
nicht zu engen Durchmesser haben. Es sublimirt sich dann  
metallisches Arsenik, das sich als ein glänzender Metall-  
spiegel an dem kälteren Theil der Glasröhre ansetzt, und  
nach dem Erkalten auf Arsenik untersucht werden kann.

Wenn in der Glasröhre eine äußerst geringe Menge  
von Arsenik, gleichsam nur ein Hauch sich abgesetzt hatte,  
so kann man oft, besonders bei einem unnöthig großen  
Zusatz von Weinsteinssäure, keine Fällung von arseniksaurem  
Ammoniak-Magnesia erhalten. Es muß aber in der  
That die Menge des Arsens höchst unbedeutend seyn,  
wenn dies der Fall seyn sollte.

Ebenso wenig kann man oft mit Sicherheit die metal-  
lischen Flecke von Arsenik, welche man auf Porcellan durch  
die Flamme der gasförmigen Wasserstoffverbindungen er-  
halten hat, in arseniksaure Ammoniak-Magnesia verwan-  
deln. Diese kann man nach meinen Erfahrungen auf fol-  
gende Weise am besten von den Antimonflecken unter-  
scheiden.

Man läßt diese Flecke am besten auf der innern Ober-  
fläche einer Porcellanschale sich absetzen. Man befeuch-  
tet sie mit einigen Tropfen von Schwefelammonium und  
dampft dasselbe bei sehr gelinder Hitze bis zur Trockniß  
ab. Die Metalle werden dadurch vollkommen geschwefelt;  
es erscheint das Schwefelarsenik mit der ihm eigenthümli-  
chen gelben, das Schwefelantimon mit der ihm eignen ora-  
nienrothen Farbe, und die metallischen Flecke des Arse-  
niks und des Antimons können auf diese Weise leicht und  
sicher unterschieden werden. Uebergießt man das gelbe

Schwefelarsenik mit Chlorwasserstoffsäure, so wird es nicht davon verändert; man kann sogar bei gelinder Wärme die Chlorwasserstoffsäure abdampfen, ohne das gelbe Schwefelarsenik zu zerstören. Uebergießt man hingegen das oranienrothe Schwefelantimon mit Chlorwasserstoffsäure, so verschwindet bei gelindem Erwärmen die Farbe sogleich. Selbst wenn die metallischen Flecke äußerst klein waren, kann man auf diese Weise die Natur derselben erkennen. Wendet man statt Schwefelammonium Schwefelwasserstoffwasser an, so werden, auch wenn man erhitzt und selbst abdampft, die Flecke nur sehr unvollkommen in Schwefelmetalle verwandelt, besonders wenn sie nicht zu dünn sind. Man kann zwar durch einige Tropfen von concentrirtem Chlorwasser die Flecke auflösen, dann Schwefelwasserstoffwasser hinzufügen und vorsichtig bei gelinder Wärme abdampfen, worauf man die Schwefelmetalle mit ihren charakteristischen Farben erhält. Das Abdampfen ist nämlich darum nothwendig, weil das Chlorwasser die Metalle gewöhnlich bis zur höchsten Oxydationsstufe bringt und die Arseniksäure dann im Anfange gar nicht durch Schwefelwasserstoffwasser gefällt wird. Diese Methode läßt sich aber nur gut bei den Flecken des Arseniks anwenden, nicht bei denen des Antimons, denn wenn auch beim Abdampfen die oranienrothe Farbe des Schwefelmetalls sich zeigt, so kann sie beim völligen Abdampfen wenigstens zum Theil zerstört werden, indem dann die kleine Menge der entstandenen Chlorwasserstoffsäure im concentrirten Zustande das erzeugte Schwefelantimon wieder auflösen kann.

Die angeführte Methode ist eigentlich ein modificirtes Verfahren einer Methode, die vor längerer Zeit Fresenius vorgeschlagen hat; sie giebt aber ein weit sicheres Resultat, als die seinige.

Will man bei einer Trennung des Antimons vom Arsenik die Menge des letztern nicht unmittelbar, sondern nur aus dem Verluste bestimmen, so kann man sich zur Analyse des Cyankaliums bedienen. Man schmelzt die oxydirte Legirung mit einer Mengung von kohlensaurem Na-

tron und Cyankalium, und verfährt dabei ganz auf die Weise, wie es oben bei der Trennung des Zinns vom Arsenik gezeigt worden ist.

Bestimmung der Mengen von arsenichter Säure und von Arseniksäure, wenn beide zusammen vorkommen.

Levol hat für diese Trennung vorgeschlagen, die Arseniksäure aus der Auflösung, welche beide Säuren enthält, als arseniksaure Ammoniak-Magnesia zu fällen. Die arsenichte Säure bleibt aufgelöst, und kann aus der getrennten, mit Chlorwasserstoffsäure übersättigten Auflösung durch Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen werden.

Es ist hierbei nur zu bemerken, dafs in der Auflösung eine bedeutende Menge von Chlorammonium enthalten seyn mufs, um die gleichzeitige Fällung der arsenichten Säure als Magnesiasalz zu verhindern.

Die Bestimmung der arsenichten Säure, wenn sie mit Arseniksäure verbunden vorkommt, kann auch durch Goldchloridauflösung geschehen. Aus dieser wird durch arsenichte Säure Gold reducirt, aus dessen Menge man die der arsenichten Säure berechnet. Die vom Golde getrennte Flüssigkeit behandelt man mit schweflichter Säure, durch welche das überschüssige Gold reducirt, und die Arseniksäure in arsenichte Säure verwandelt wird, die man durch Schwefelwasserstoffgas oder von Neuem durch Goldchlorid fällen kann. Von der ganzen Menge des erhaltenen Arsens zieht man die ab, welche in der arsenichten Säure enthalten ist, um die der Arseniksäure zu finden.

V *Ueber den Wismuthspath aus Süd-Carolina;  
von C. Rammelsberg.*

Diese Substanz kommt, der Angabe nach, in nicht unbedeutlicher Menge, in den Goldbergwerken von Chesterfield County in Süd-Carolina, vor, in denen sich das Gold auf Quarzgängen mit Brauneisenstein findet. Ein Näheres über die Vorkommensverhältnisse kann ich nicht angeben. Sie wurde mir von Hrn. Lieber aus Columbia mitgetheilt.

Das Mineral erscheint als eine poröse zellige Masse, von einer gelben oder röthlichen Decke von eisenhaltigem Thon umgeben und von ihm durchdrungen. Auf dem Bruch tritt seine weiße Farbe und Glasglanz hervor. Es ist ziemlich weich; sein specifisches Gewicht fand ich, nach möglichstem Abschlämmen des Thons, = 7,670. Es gleicht im Ansehen sehr manchem Galmei, und ist ohne Zweifel aus der Oxydation von Wismuth hervorgegangen, obgleich an der Probe selbst keine metallischen Theile zu entdecken sind.

Beim Erhitzen giebt es Wasser, decrepitirt, färbt sich dunkler, dann braungelb, und schmilzt mit dem Glase leicht zusammen. Auf Kohle vor dem Löthrohr wird es schnell zu Wismuth reducirt. Vom Phosphorsalz wird es zu einer in der Hitze dunkelgelben, beim Erkalten farblosen Perle aufgelöst, in welcher Flocken von Kieselsäure umher schwimmen.

Salpetersäure löst es mit Brausen zu einer schwach gelben Flüssigkeit, welche durch Wasser getrübt wird. Dabei bleibt ein bräunlicher Rückstand von eisenhaltigem Thon.

a) 100 Th. gaben, in einer kleinen Retorte geglüht:

Rückstand . . . . .	91,25
Wasser . . . . .	3,16
Kohlensäure . . . . .	5,59 (als Verlust)

b) Ferner gaben 100 Thle.:

Wismuthoxyd . . . . .	82,63
Eisenoxyd . . . . .	0,52
Thonerde . . . . .	0,16
Kalkerde . . . . .	0,28
Talkerde . . . . .	0,07
In Salpetersäure unlösl. Rückst.	6,98
Kohlensäure . . . . .	6,02
Wasser . . . . .	3,16 (nach a)
	<u>99,82.</u>

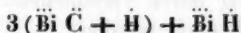
Die 6,98 bestanden aus:

Kieselsäure	2,97
Eisenoxyd	2,03
Thonerde	1,53
Talkerde	0,45
	<u>6,98.</u>

Zieht man die unwesentlichen Beimengungen ab, so bleibt:

		Sauerstoff.
Wismuthoxyd	90,00	9,11
Kohlensäure	6,56	4,77
Wasser	<u>3,44</u>	<u>3,06</u>
	100.	

Die Sauerstoffmengen verhalten sich  $= 3 : 1\frac{1}{2} : 1$ , so dafs die Verbindung  $\text{Bi}^* \text{C}^3 + \text{H}$  ist, was man wohl



schreiben mufs. Die berechnete Zusammensetzung hierfür ist:

Wismuthoxyd	4 At.	=	11843,00	—	90,28
Kohlensäure	3	=	825,00	—	6,29
Wasser	4	=	449,92	—	3,43
			<u>13118,92</u>		<u>100.</u>

Wahrscheinlich kommt diese Verbindung auch in Europa hie und da vor, und ist unter *Wismuthocker* mitbe-

griffen worden. Breithaupt hat ein Mineral von Ullersreuth bei Hirschberg im Voigtlande, welches dort als secundäres Product aus Wismuth und Wismuthglanz vorkommt, mit dem Namen *Bismutit* bezeichnet <sup>1)</sup>. Ich würde nicht anstehen, den von mir untersuchten Wismuthspath, trotz Abweichungen in einigen Eigenschaften (z. B. des spec. Gewichts, welches nach Breithaupt nur bis 7,0 geht) damit zu vereinigen, wenn der Bismutit nicht, nach Plattners Angabe, nur äußerst wenig Wasser und außerdem Schwefelsäure enthielte, wiewohl es sehr wahrscheinlich ist, daß der Hauptbestandtheil von Breithaupt's Bismutit die von mir untersuchte Verbindung seyn möchte.

## VI. Ueber Entglasung; von D. C. Splitgerber.

Da ich Gelegenheit hatte über diesen Gegenstand mehrere Erfahrungen zu sammeln und Versuche zu machen, welche mir besonders in Rücksicht auf ähnliche Vorkommen im Obsidian und in den Schlacken nicht uninteressant zu seyn scheinen, so erlaube ich mir hier einige Mittheilungen darüber, welche die Ansicht von Fournet bestätigen, daß man unkrystallinische und krystallinische Entglasungen zu unterscheiden hat, und daß beide das Resultat der Ausscheidung von verschiedenen neuentstandenen Verbindungen sind, deren Bildung durch verschiedene Temperaturgrade und deren Dauer bedingt werden.

Dasjenige Glas, welches viel Thonerde und Kalkerde enthält, wie z. B. das gewöhnliche grüne, ist am meisten zur Entglasung geneigt und nimmt am leichtesten ein krystallinisches oder strahliges Gefüge an (Ein ausgezeichnetes Stück befindet sich im Besitz des Hrn. H. Rose und stammt vom Hamburger Brande.). Ich wandte jedoch gewöhnlich reineres Glas an, welches zuerst mit Sand umgeben in Tiegeln gepackt einem andauernden Feuer ausgesetzt wurde;

1) Pogg. Ann. Bd. 53, S. 627.

doch gab dies kein reines Resultat, und war dabei nur zu bemerken, daß um das Natronglas eine weit größere Rinde Sand anhaftete, als um das daneben befindliche Kaliglas, wegen der größern Flüssigkeit des ersteren bei gleichem Hitzgrad. Zweckmäßiger war es Glasstücke in einem thönernen Gefäß zu oft wiederholten Malen einem achtstündigen Feuer auszusetzen, welches übrigens kaum bis zur Weißglühhitze stieg und welche dann jedesmal mit dem Ofen erkalteten. Das dazu genommene Glas war gewöhnliches Spiegelglas und bestand nach der Analyse aus:

61,30 Kieselerde,	worin 31,82 O.	
24,52 Kali	4,26	} $7,64 \times 4 = 30,46$
11,63 Kalkerde	3,30	
1,20 Beioxyd	0,08	
1,35 Thonerde	0,63	$\times 2 = 1,26$

Beim ersten Erwärmen war keine Veränderung zu bemerken und das Glas nahm nur die Form des Gefäßes an, welches mit Kreide ausgestrichen war, deren entweichende Kohlensäure oft Blasen darin veranlaßten, welches anzeigt, daß dieselbe erst vertrieben wird, wenn das Glas schon sehr flüssig ist. Erst nach dem zweiten Aufwärmen bemerkt man eine geringe Entglasung an der ganzen Außenseite des Glasstücks, welche bei jeder Wiederholung des Erwärmens zunimmt und endlich eine vollkommen undurchsichtige Masse giebt; doch bemerkt man dabei keine krystallinische Structur (auch im Polarisations-Apparat untersucht deutet nichts darauf hin), sondern nur eine von außen nach innen zunehmende Trübung, bis endlich das Glas in eine porcellanartige Masse verwandelt ist, in welcher sich nach außen zu eine schichtenweise Zunahme der Entglasung angedeutet findet, was jedoch nach innen zu sich verliert, wie auch der Bruch nach der Oberfläche zu eben, nach dem Innern aber feinsplittrig ist, wogegen der muschlige Bruch des Glases aber ganz mit dessen Durchsichtigkeit verschwunden ist, so wie der Glasglanz sich in Wachsglanz verwandelt hat.

Bei diesen sowie bei den übrigen Entglasungsversuchen ist wohl eine, wenn auch nur geringe Veränderung der chemischen Zusammensetzung nicht zu vermeiden, nämlich die Verflüchtigung einer geringen Menge des im Glase enthaltenen Alkalis.

So verlor ein in einen tarirten Platintiegel gelegtes Glasstück von 1,236 Grm. nach dreimaligem Aufwärmen in einer achtstündigen starken Rothglühhitze 0,005, also nur 0,404 Proc., wobei es sich, wie oben erwähnt, verändert hatte; doch war die völlig entglaste Rinde nur erst dünn, die Masse aber schon durch und durch getrübt und der muschlige Bruch hatte sich verloren. Bei dieser unkrystallinischen Entglasung fand sich, dafs das specifische Gewicht des durchsichtigen Kaliglasses, welches 2,571 ist, geringer geworden, nämlich nach einem Durchschnitt von zwölf Wägungen auf 2,562 heruntergegangen war. Das Zerfallen der ursprünglichen Zusammensetzung des Glases in andere undurchsichtige Verbindungen ist ohne Zweifel die Ursache der auffallend physikalischen Veränderung, und obgleich es möglich ist, dafs diefs Zerfallen durch jenen kleinen Verlust an Alkali eingeleitet wird, da es immer von aussen nach innen vor sich geht <sup>1)</sup>: die directe Veranlassung des Undurchsichtigwerdens ist es aber bei seiner Geringfügigkeit gewifs nicht, da man durchsichtiges Glas mit geringern Alkaligehalt darstellen und übrigens auch die entglaste Masse ohne weitem Zusatz zu gutem Glase wieder umschmelzen kann; die Ursache ist wie gesagt vielmehr in einer Umlagerung der Atome zu andern undurchsichtigen aber nicht immer krystallischen Verbindungen in der erweichten Masse zu suchen <sup>2)</sup>, während diefs beim schnelleren Erkalten im Glase verhindert wird.

- 1) Wie diefs übrigens auch beim geschmolzenen Zucker schnell, beim weissen Arsenikglase aber sehr langsam bei derselben Temperatur, ohne eine chemische Veränderung geschieht und wobei nur eine Veränderung des Aggregatzustandes angenommen wird.
- 2) Oder nach Graham (Ann. Bd. 48, S. 348) in einem Verlust an chemisch gebundener Wärme.

Auf eine andere Art wurde ferner ein sehr auffallend entglastes Natronglas erhalten, als ein Gemenge von

100 Thle. Kieselerde

50 - reiner zerfallener Soda

25 - zerst. Kalkerde

in einem kleinen Tiegel in einen Spiegelglas-Schmelzofen eingelegt worden, und nachdem es zu gutem Glase geschmolzen, mit dem Ofen, da die Schmelzperiode beendet war, sehr langsam erkaltete, so dafs derselbe nach zwei Monaten beim Eröffnen noch so warm im Innern gefunden wurde, dafs man nicht mit blofsen Händen hineinkriechen konnte. Auf diesem Tiegel, dessen Inhalt durch die ungleiche Zusammenziehung des Thons und Glases in viele Stücke zersprungen war, hatte sich auf dem guten Glase eine undurchsichtige 6 bis 7 Millm. dicke fein unebene Kruste gebildet, welche einen theils ebenen, theils splittrigen Bruch und Wachsglanz auf demselben hat, und beim ersten Anblick keine Krystallisation zeigt, nach der Oberfläche hin zur Hälfte undurchsichtiger und ganz porcellanartig, nach unten aber weniger undurchsichtig und weifs ist, welche beide Schichten sich nicht trennen lassen, sondern wolkenartig in einander übergehen, wogegen die untere Schicht nierenförmig in das vollkommen durchsichtige Glas hineinhängt, aber scharf davon geschieden ist und sich auch mechanisch leicht davon trennen läfst. Der Unterschied dieser beiden undurchsichtigen Schichten besteht nun darin, dafs man in der obern, wiewohl mit einiger Mühe mittelst der Lupe, eine Zusammenhäufung von ganz kleinen Krystallen bemerkt, die aber in der nur schwach durchscheinenden Masse fast ganz verschwinden. Man hat also hier eine unkrystallinische und krystallinische Entglasung zusammen, bei welcher die feinen Krystalle sich wohl erst später in der undurchsichtigen Masse gebildet haben, da sie nur einen Theil derselben erfüllen. Das specifische Gewicht des Glases fand ich bei 13° R. 2,485, das der Kruste 2,503, letztere also um ein Geringes schwerer, doch diefs bei allen Wägun-

gen ganz constant, welches wohl auf die darin stattgefundene Krystallisation deutet, nach der Erfahrung, daß dieselbe Masse im amorphen Zustand leichter ist, als im krystallinischen, obgleich sie es hier nicht ganz geworden ist, während dagegen oben gefunden wurde, daß das noch ohne eine Spur von Krystallisation entgaste Kaliglas eher etwas specifisch leichter geworden war.

Trotz des auffallenden physikalischen Unterschiedes dieses Glases und seiner Kruste in Hinsicht der Durchsichtigkeit, der Farbe und des Bruches, so geben die Analysen, welche öfter wiederholt worden sind, keinen bedeutenden Unterschied zwischen beiden, und weichen diejenigen derselben Masse oft ebenso viel von einander ab; auch kann der auffindbare chemische Unterschied wohl nur in einer Differenz des Natrongehalts hier bestehen, insofern davon mehr auf der Oberfläche verdampft ist. Diefes Glas, welches nach der oben angegebenen Zusammensetzung aus

100,00 Kieselerde

29,29 Natron

14,07 Kalkerde

hätte bestehen müssen, gab bei der Analyse des durchsichtigen Theils:

75,73	Si,	worin	39,35	O,	oder	100	Si
13,18	Na		3,40			17,40	Na
9,58	Ca		2,70			12,65	Ca
1,51	Al		0,70			1,99	Al
				<hr/>			
				$6,8 \times 6 = 40,8.$			

wobei also 11,89 Theile Natron sich verflüchtigt haben, oder auf 100 Theile des angewandten Natrons 40 Th., und der Sauerstoff der Kieselerde ungefähr das Sechsfache desjenigen der übrigen Bestandtheile beträgt. Ebenso verhält es sich mit der entgasten Kruste, deren Analyse gab:

76,27 Si, worin	39,63 O, oder	100 Si
13,06 Na	3,37	17,12 Na
9,32 Ca	2,66	12,21 Ca
1,35 Al	0,63	1,77 Al
	<hr/>	
	6,66 × 6 =	39,96

also 0,12 oder bei 100 Kieselerde 0,28 weniger Natron als das darunter befindliche Glas. Noch ist zu bemerken, daß die Kruste sich sehr leicht in wässriger Flußsäure auflöst, während das Glas nur sehr schwer davon angegriffen wird; mit Salzsäure gekocht verlor das Glaspulver 0,47 Proc., das der Kruste 1,01 Proc., welches anzeigt, daß die undurchsichtigen Verbindungen viel leichter zersetzbar, als wie sie im durchsichtigen Glase enthalten sind, denn beide Massen besitzen wohl eine ziemlich gleiche procentische, aber ungleiche atomistische Zusammensetzung.

Der Vergleichung wegen hatte ich zugleich mit und neben diesem Natronglase einen Tiegel mit Kaliglas, zusammengesetzt aus:

100 Th. Kieselerde  
60 Th. Pottasche  
35 Th. zerfallener Kalkerde,

jener langsamen Erkaltung ausgesetzt, welches aber vollkommen gut und durchsichtig geblieben war und keine Spur einer Entglasung zeigte.

Ein ander Mal, als ein aus:

100 Kieselerde  
50 reiner zerfallener Soda  
12½ zerfallener Kalkerde

geschmolzenes Glas in einem kleinen Ofen abkühlte, welches schon nach zehn Tagen der Fall war, fanden sich aus dem guten Glase rundliche undurchsichtige weiße Körner ausgeschieden, welche theils auf der Oberfläche wie Tropfen erschienen, theils in der Glasmasse, einige wenige aber auf dem Boden des Tiegels befindlich waren, so daß

man annehmen kann, daß sie an der Oberfläche gebildet und sich dann heruntergesenkt haben. Die meisten dieser ungefähr 2 Mllm. großen Körner hatten sich anders als die Glasmasse zusammengezogen und waren ringsum durch einen Sprung von derselben getrennt, oder wenn dies nicht der Fall war, zeigten im Apparate um diese undurchsichtigen Körper herum regelmäßige Polarisations-Erscheinungen, welche in einem schwarzen Kreuz oder einem weißen und schwarzen Ringe bestanden, die Spannung im Glase an. Eine krystallinische Structur war aber an den Körnern selbst nicht zu bemerken, sondern sie erschienen im Innern porcellanartig, und kaum findet man bei einigen jener Tropfen an der Oberfläche ein strahliges Gefüge angedeutet. Man kann nun annehmen, daß die vorher beschriebene Kruste aus einer größern Zusammenhäufung von solchen Körnern entstanden ist, welche bei der langsamen Abkühlung Zeit gehabt hat sich zu bilden, sowie die feinen Krystalle darin.

Dem bisher Vorgetragenen schließt sich der folgende Befund wohl passend an: in einer unreinen grünlichen aber durchsichtigen Glasmasse oder vielmehr Glasschlacke, welche auf dem Boden eines Glasofens zusammengeflossen war, hatten sich nämlich undurchsichtige weiße linsenförmige Körner ausgeschieden, welche, näher betrachtet, deutlich die Tendenz zu einer regelmäßigen Krystallbildung zeigen, die aber durch die Zähigkeit der Masse gehemmt worden, indem es sechsseitige Täfelchen und zwar häufig zwei symmetrisch verwachsen sind, welche aber keine scharfen Kanten und Seiten haben.

In einer im Besitz des Hrn. H. Rose befindlichen wohl bleibhaltigen Glasschlacke, welche derselbe von Hrn. Faraday erhalten, sah ich ganz ähnliche aber viel schärfer und größer ausgebildete sechsseitige Krystalle, welches wohl berechtigt anzunehmen, daß diese Masse viel leichtflüssiger als die obige war.

Die von jenen Krystallen gemachte Analyse gab:

69,34 Si worin 36,00 O.

13,94 K	2,36	} 5,57 × 6 = 33,42
11,31 Ca	3,21	
5,41 Al	2,52	
		<hr/> 35,94.

Das reine Glas hat hierbei also viel von seinem Alkali verloren und viel Thonerde aufgelöst. Die Analyse, welche Dumas von krystallisirtem Glase gemacht hat und welche giebt:

68,2 Si worin 35,46 O.

14,9 N	3,81
12,0 Ca	3,43
4,9 Al	2,28

stimmt auf dem ersten Anblick damit überein, obgleich das Alkali verschieden ist, sehr wenig dagegen diejenige von Kersten.

Eine fernere Art Entglasung zu erhalten, wobei eine Krystallisation sich deutlich zeigte, bestand darin, daß nachdem das Glas gut geschmolzen war, 5 bis 6 Stunden lang nicht weiter geschürt wurde, wodurch die Temperatur des Schmelzofens bedeutend sank und dann aus mehreren Glasmischungen sich feine nadelförmige Krystalle ausschieden, welche Aehnlichkeit mit Schneeflocken hatten, die aber alsbald wieder verschwanden und sich auflösten, so wie man das Feuer verstärkte; zuweilen wurde auch die ganze Masse dabei weiß, undurchsichtig und steif, doch bei erhöhter Hitze wieder durchsichtig und flüssig.

Diese Erscheinung habe ich nur bei kalkhaltigem Glase erhalten, wie z. B. bei den folgenden Sätzen:

100 Th. Kieselerde	40 Th. Soda	10 Th. kohlen. Kalkerde
100 -	45 -	15 -

wogegen sich Glas aus 100 Kieselerde 45 Soda und 10 Kalkerde bei Verringerung der Hitze nicht trübte.

Das mit Pottasche bereitete Glas verträgt in dieser Hinsicht einen bei weitem größern Zusatz von Kalkerde, denn

Glas aus 100 Th. Kieselerde, 50 Th. Pottasche und 50 Th. kohlenaurer Kalkerde wurde nicht trübe, wohl aber mit 60 Theilen Kalkerde, ebenso wurde solches aus 100 Th. Kieselerde, 60 Th. Pottasche und 50 kohlenaurer Kalkerde bei der Abkühlung trübe, nicht aber bei der Zusammensetzung von 100 Th. Kieselerde mit 60 Th. Pottasche und 40 Th. kohlen. Kalkerde. Es hängt bei diesen Versuchen natürlich viel davon ab, bis zu welchen Punkt die Abkühlung stattfindet, auch sind dieselben fortzusetzen.

Es dürfte hier der Ort seyn, noch einige Beobachtungen über Schmelzversuche anzuschließen, um zu zeigen, daß der Verlust an Alkali durch Verdampfung von mehreren zusammenwirkenden Umständen abhängig ist, nämlich von der Zusammensetzung der Masse, vom Hitzgrade und von der Dauer desselben.

Eine Schmelzung von 100 Th. Kieselerde und 50 Th. reiner zerfallener Soda also von 100  $\ddot{\text{Si}}$  und 29,29  $\ddot{\text{N}}$  hatte ein ziemlich gutes durchsichtiges Glas gegeben, welches aber an der Luft etwas beschlug und dessen spezifisches Gewicht bei 14° R. 2,386 war. Die Analyse gab 79,68  $\ddot{\text{Si}}$  und 20,32  $\ddot{\text{Na}}$  oder 100  $\ddot{\text{Si}}$  und 25,5  $\ddot{\text{Na}}$ , worin der Sauerstoff der Kieselerde beinahe das Achtfache der Base beträgt und es hatten sich also 3,79 Theile Natron verflüchtigt; das sind beinahe 13 Proc.

Zur Vergleichung untersuchte ich ein Glas, welches aus 100 Th. Kieselerde und 50 Th. reiner Pottasche, also aus 100  $\ddot{\text{N}}$  und 34,04  $\ddot{\text{K}}$  zusammengeschmolzen worden, welches aber viel schlechter als das vorige Sodaglas war, aus der Luft stark Feuchtigkeit anzog und mit der Zeit gänzlich undurchsichtig wurde und verwitterte; es hatte ein spezifisches Gewicht von 2,372, löste sich leicht in wässriger Flußsäure auf und bestand aus 76,79  $\ddot{\text{Si}}$  und 23,21  $\ddot{\text{K}}$  oder 100  $\ddot{\text{Si}}$  und 30,22  $\ddot{\text{K}}$ , worin der Sauerstoff der Kieselerde also beinahe das Zehnfache der Basen ist; es haben sich 3,82 Theile Kali verflüchtigt, das sind 11,2 Proc. des verwendeten.

Da der bei beiden Schmelzen angewandte Hitzgrad als gleich angenommen werden kann, so bestätigt sich, daß das Natron leichter als das Kali verdampft.

Ein Glas, aus 100 Th. Kieselerde, 45,5 zerfallenem Soda und 12,72 Th. zerfallenem kohlensauren Kalk geschmolzen, also aus:

100 Si  
26,6 Na  
7,06 Ca

gab bei der Analyse:

78,78 Si oder 100 Si  
15,96 Na      20,2 Na  
5,26 Ca      6,6 Ca;

es waren also 6,4 Theile Natron verdampft, das sind 24 Proc., welcher Verlust offenbar durch den Zusatz der Kalkerde veranlaßt ist, welche das Alkali durch seine größere Feuerbeständigkeit verdrängt hat. Der Sauerstoff der Kieselerde beträgt hier über das Siebenfache der beiden Basen, welches man wohl als ein Sexsilicat ansehen kann, in welchem sich noch mehr Kieselerde aufgelöst hat.

Hiermit ist noch die oben angeführte Analyse des Glases zu vergleichen, welches bei der langsamen Abkühlung auf der Oberfläche entglast war, und durch die länger andauernde Hitze verbunden mit dem doppelten Kalkgehalt 40 Proc. Natron und darüber verloren hatte und ein Sexsilicat war.

Diese Versuche geben auch in technischer Beziehung einigen Aufschluß über die Vorgänge beim Glasschmelzen, und zeigen wie andere Verhältnisse man im Glase als im Satze hat.

VII. *Ueber die neue Wirkung des Magnets auf einige Krystalle, die eine vorherrschende Spaltungs-Fläche besitzen. Einfluss des Magnetismus auf Krystall-Bildung. Von Plücker.*

1. Die Entdeckungen in dem Gebiete des Magnetismus häufen sich in einer Weise, daß diese an und für sich schon so dunkle Naturkraft, einstweilen nur noch in einen dichten Schleier gehüllt wird. So ist es eine Kraft-Aeufserung, für die bisher kein Analogon da war, daß, um bei einem concreten Beispiele stehen zu bleiben, eine Turmalinsäule, die zwischen den beiden Polen eines Magneten horizontal-schwingend aufgehängt wird, von diesen Polen flieht, wie wenn sie von denselben abgestossen würde, und in Folge davon sich aequatorial stellt, und daß sie dennoch in dieser aequatorialen Stellung, ihrer Masse nach, von denselben Polen angezogen wird. Eine magnetische Wirkung von gleicher Art entdeckte neuerdings Herr Faraday<sup>1)</sup>: die Anziehung derjenigen Richtung (der *magnetkrystallischen Axe*), die auf der Hauptsaltungs-Fläche gewisser Krystalle senkrecht steht und die sich entscheiden bei den folgenden fünf Substanzen zeigt: Wismuth, Antimon, Arsenik, schwefelsaures Eisen-Oxydul, schwefelsaures Nickel-Oxyd. Von diesen Resultaten erhielt ich Kenntniss durch eine briefliche Mittheilung des Entdeckers vom 14. December v. J., der sie anfänglich in geradem Widerspruche mit der von mir zuerst beobachteten Abstossung der optischen Axen hielt, später aber seine Ansicht dahin aussprach, daß beide Wirkungen einen gemeinsamen Grund hätten. Natürlich säumte ich nicht, die Faraday'schen Versuche zu wiederholen. Anzunehmen, daß zugleich zwei verschiedene Ursachen die neuentdeckten paradoxen Erscheinungen hervorbrächten, dagegen sträubt sich mein physikalisch-

1) S. S. 144 dieses Bandes. P.

kalisches Gefühl. Wären beide Wirkungen in Einklang zu bringen, so träte uns die Frage entgegen, welche von beiden Wirkungen, die Anziehung der magnekrystallischen Axe oder die Abstossung der optischen Axen, der andern unterzuordnen sey, oder endlich die Frage, ob das von mir ausgesprochene Gesetz „dafs die beiden optischen Axen beide gleich stark von den Magnetpolen abgestossen werden“, vielleicht zu enge sey und für manche Krystalle sogar eine Anziehung, statt der Abstossung, eintrete.

2. Die Absicht der gegenwärtigen Note ist diejenigen Haupt-Resultate, die ich gleich bei der ersten Wiederholung der Faraday'schen Versuche erhalten habe und die ihrerseits wiederum mit diesen scheinbar im Widerspruche stehen, vorläufig mitzutheilen. Erst nachdem ich von den beiden Original-Abhandlungen des Hrn. Faraday Kenntnifs genommen haben werde, möchten weitere Ausführungen an der Stelle seyn, und bis dahin behalte ich auch eine vor längerer Zeit schon niedergeschriebene Abhandlung, weitere Resultate über die Abstossung der optischen Axen und ihre Bestimmung durch Hülfe der Magneten enthaltend, zurück.

3. Die Beobachtungen des Hrn. Faraday über die Wirkung der Magnetpole auf krystallisirtes Wismuth, Arsenik und schwefelsaures Eisenoxydul habe ich nicht nur bestätigt gefunden, sondern war auch über die Stärke der neuen Wirkung, der Anziehung der magnekrystallischen Axe, überrascht. Zu meinem Erstaunen aber *verhielt sich Antimon gerade umgekehrt*. Während nämlich einerseits eine Säule von Wismuth deren Haupt-Spaltungs-Fläche mit ihrer Basis zusammenfällt, auch bei entschieden vorherrschender Längen-Dimension, den Diamagnetismus überwindend, sich zwischen den Magnetpolen axial einstellt; während andererseits, ein Plättchen Arsenik, das seines magnetischen Verhaltens wegen, zwischen den Magnetpolen sich axial einstellen sollte, sich umgekehrt entschieden aequatorial richtete, in der Art, dafs die auf dem Plättchen und seiner Hauptspaltungs-Richtung senkrechte magnekrystallische

Axe den Magnetismus der Masse überwindend, wie beim Wismuth von den Magnetenpolen angezogen wurde: — so stellt sich, hiervon ganz abweichend, ein Plättchen Antimon, dafs wie das Arsenik-Plättchen durch Haupt-Spaltungsflächen begränzt war, obgleich sich die Masse desselben stark diamagnetisch verhielt, diesen Diamagnetismus überwindend entschieden *axial*, als ob die magnekrySTALLISCHE Axe von den Polen *abgestofsen* würde, und diese Wirkung war nicht weniger stark, als die umgekehrte bei Wismuth und Arsenik.

Das Antimon, das ich zuerst dem Versuche unterwarf, war käufliches, wie es im Handel vorkommt, und das, in gröfserer Masse erkaltet, eine ganz entschieden vorherrschende Spaltungs-Richtung (nicht dieselbe in der ganzen Masse) zeigte. Obgleich ich nicht einsah wie eine Verunreinigung durch andere Metalle irgendwie die beobachteten Erscheinungen modificiren sollte, so untersuchte ich dennoch auch reines Antimon aus dem hiesigen chemischen Laboratorium, fand aber ganz übereinstimmend überall dieselbe Wirkung.

4. Ich erwähne noch einen zweiten Versuch, den ich mit Wismuth anstellte. Hrn. Prof. Bergemann verdanke ich ein schön krystallisirtes Stück dieses Metalls, das, obgleich aus einer Anhäufung von mehreren Krystallen bestehend, seiner ganzen Ausdehnung nach einen einzigen vollkommenen Durchgang zeigt. Ich nahm aus demselben eine Platte, begränzt durch zwei diesem Durchgange entsprechende Spaltungsflächen und hing dieselbe, horizontalschwingend, zwischen den Polspitzen so auf, dafs nach Hrn. Faraday, weil nur eine Drehung um die „magnekrySTALLISCHE“ Axe der Platte möglich war, die neu entdeckte Wirkung nicht eintreten und die Platte sich nur in Folge des Diamagnetismus ihrer Masse richten sollte. Die Platte zeigte auf der vollkommenen Spaltungsfläche drei sich unter Winkeln von  $120^\circ$  durchsetzende Systeme paralleler Streifen, welche die drei übrigen Spaltungsflächen anzeigten: ein System dieser Streifen war aber ganz entschieden vorherr-

schend. Welche Form man dieser Platte auch geben mochte, sie stellte sich immer so, daß die letztbezeichneten Streifen genau die aequatoriale Lage annahmen, auch dann wenn der Diamagnetismus der Masse erst überwunden werden mußte. Und zwar geschah dieß entweder sogleich oder bei zunehmender Entfernung der Polspitzen von einander. Die Erscheinung zeigte sich so, als wenn neben der einen magnekrySTALLischen Hauptaxe *noch eine zweite vorhanden gewesen wäre, die auf einer zweiten weniger vollkommenen Spaltungsfläche senkrecht stünde.*

5. Wenn ein Krystall zum tesseralen Systeme gehört, so kann eine einzige ausgezeichnete Spaltungsrichtung nach krystallographischen Grundsätzen *nicht* vorhanden seyn; es giebt alsdann, um bei den einfachsten Fällen stehen zu bleiben, drei gleiche nach den Würfelflächen, wie beim Steinsalz, oder vier gleiche nach den Flächen des entsprechenden Octaëders, wie beim Flussspath. Wenn aber an die Stelle des Würfels, ein Rhomboëder als Grundform auftritt, so können wie beim Kalkspath drei gleiche, den Flächen der Grundform parallele Spaltungsflächen vorhanden seyn, wenn aber vier Spaltungsflächen vorhanden sind, so ist unter diesen nothwendig *eine* ausgezeichnete, und diese steht dann auf der optischen Axe, der Verbindungslinie der beiden ausgezeichneten Ecken der Grundform, senkrecht. Dann fällt also die magnekrySTALLische Axe mit der optischen zusammen und dieß scheint der Fall zu seyn bei Wismuth, Arsenik und Antimon. Das Verhalten des letztgenannten Metalls wäre hiernach eine bloße Bestätigung der Abstofsung der optischen Axe durch die Pole des Magneten, während wir bei den beiden erstgenannten Metallen, wenn wir die Erscheinung auf die optische Axe zurückführen wollen, statt der Abstofsung, eine *Anziehung* dieser Axe annehmen müssen.

6. Die Erscheinungen beim schwefelsauren Eisenoxydul bin ich bisher nicht im Stande gewesen, weder auf eine Abstofsung noch auf eine Anziehung der zwei optischen Axen, die in diesem Falle vorhanden sind, zurückzuführen.

Krystalle von schwefelsaurem Nickeloxyd habe ich bisher nicht zu meiner Disposition gehabt.

7. Der Versuch der 4. Nummer war in der früher allgemein gemachten Voraussetzung angestellt worden, daß die Grundform des Wismuths ein Würfel sey, und wiederholt, nachdem diese Voraussetzung dahin berichtigt worden, daß als Grundform ein von dem Würfel wenig abweichendes Rhomboëder genommen werden müsse. In beiden Voraussetzungen würde dieser Versuch — wenn nicht Zwillingsbildungen auf die Erscheinung störend eingewirkt haben, was ich indess nicht glaube — für ein spezifisches Verhalten der Spaltungsflächen, als solcher, und dagegen sprechen, daß dieses Verhalten sich auf die optische Axe zurückführen liefse. Das Wismuth, das ich dem Versuche unterwarf, war sämmtlich durch Erkaltung krystallisirt, und also nach einer Notiz in dem eben erschienenen Januarhefte der Annalen, in *Rhomboëdern*, während gediegenes Wismuth so wie gediegenes Antimon zum tesserale System gehören. Ob hiernach *gediegenes Wismuth* die von Hrn. Faraday und *gediegenes Antimon* die von mir beschriebene Wirkung ebenfalls zeigen, liefse sich durch einen directen Versuch, auch bei schwacher Magnetkraft, leicht untersuchen.

8. Ich komme nochmals auf die im Eingange paradoxe Erscheinung zurück, daß ein zwischen den beiden Magnetpolen aufgehängter Krystall, nach Umständen, von diesen Polen angezogen wird und doch vor ihnen flieht, oder umgekehrt, von denselben abgestoßen wird und doch sich ihnen nähert. Auch Hr. Faraday legt Gewicht auf diese Erscheinung. Er findet die diamagnetische Abstossung eines Wismuth-Krystalls unverändert dieselbe, gleichviel ob die magnekrystallische Axe desselben, in Beziehung auf die Polspitzen, eine axiale oder aequatoriale Lage hat. Ich hoffe mit Berücksichtigung der Schlufs-Erörterungen dieser Note, durch den Gebrauch der Waage, diese Frage zur Entscheidung zu bringen. Ein Paar Beobachtungen, im

Sinne der Faraday'schen Behauptung, mögen aber hier schon ihre Stelle finden.

9. Ich schnitt aus reinem, schön krystallisirtem Wismuth eine parallelepipedische Säule. Ihre Höhe betrug  $10^{\text{mm}}$ , und ihre mit den Hauptspaltungs-Flächen zusammenfallenden Basen, waren  $6^{\text{mm}}5$  lang und  $4^{\text{mm}}$  breit. Sie stellte sich, den Diamagnetismus der Masse überwindend, entschieden axial und behielt diese Stellung, die eine magnetische genannt werden kann, auch noch nach Entfernung einer der beiden Polspitzen. Wenn die Säule, nach Unterbrechung des Stromes, der zurückgebliebenen Polspitze so genähert wurde, daß sie sich an dieselbe mit einer Basis anlehnte, so nahm sie nach Wiederherstellung der Verbindung die magnetische Stellung an und wurde zugleich in dieser Stellung mehrere Millimeter weit abgestoßen. Wir müssen uns indess hüten aus dieser Beobachtung allgemeine Schlüsse zu ziehen, weil der Diamagnetismus rascher mit der Entfernung von den Polen abnimmt, als die magnetische Einwirkung auf die optischen Axen sowie auf die magnekrystallische Axe. Die Behauptung in Beziehung auf die letztgenannte Axe, bestätigt sich darin, daß die bezügliche Kraft, wenn sie nicht zu stark ist und in Folge der Form des Krystalls diesen in anderm Sinne zu drehen strebt als der Diamagnetismus der Masse, erst bei größerer Entfernung der Polspitzen sichtbar wird.

Ich brachte daher dieselbe Wismuthsäule in der axialen Richtung allmählig immer weiter von der Polspitze, sie behielt ihre magnetische Stellung ganz entschieden noch in einer Entfernung von mehr als  $20^{\text{mm}}$ . So lange bei irgend einem Abstände der Säule von der Polspitze noch eine Abstossung stattfand, müßte, beim Oeffnen der Kette, die Säule der Polspitze sich nähern; wenn, umgekehrt, eine Anziehung einträte, müßte sie von der Polspitze sich entfernen. Bei einem Abstände der Polspitze und der ihr zugewandten Basis der Säule von  $6^{\text{mm}}$  trat beim Oeffnen der Kette die fragliche Annäherung noch merklich ein, nahm

dann aber, bis zum Verschwinden, allmählig ab, ohne daß ein Uebergang von Annäherung in Entfernung wahrgenommen werden konnte.

10. Ich nahm ferner zwei dünne Plättchen Wismuth von etwa 8<sup>mm</sup> Durchmesser und durch Hauptspaltungsflächen begränzt; ebenso zwei gleiche Plättchen Antimon. An den beiden Enden eines Strohhalmes von 50<sup>mm</sup> Länge befestigte ich durch sehr wenig Wachs nach einander:

1. Die beiden Plättchen Wismuth so, daß diese auf der Längenrichtung des Strohhalmes senkrecht standen.

2. Die beiden Plättchen Antimon in gleicher Weise.

3. Die beiden Plättchen Wismuth so, daß die Richtung des Strohhalmes in die Richtung der Spaltungsflächen fiel.

4. Die beiden Plättchen Antimon wie unter (3) die Plättchen Wismuth.

Es wurden hierauf die beiden parallelepipedischen Halbanker in der Art aufgelegt, daß ihre Polflächen (67<sup>mm</sup> breit und 27<sup>mm</sup> hoch) so weit von einander abstanden, daß der Strohhalm mit seinen beiden Metall-Plättchen, in seiner Mitte an einem Coconfaden aufgehängt, noch eben frei zwischen denselben schwingen konnte. Die Ebene, in welcher diese Schwingungen stattfanden, lag etwas tiefer als die obere Kanten der Polflächen, und der Coconfaden fiel in diejenige Verticalebene, welche diese Kanten halbirt (in die Meridianebene des Magneten). In den Fällen 1. und 4. stellte sich der Strohhalm mit den Metallstücken in die Meridianebene (axial) und fand hier eine stabile Gleichgewichtslage; während eine zweite hier nicht wieder in Betracht kommende und weniger stabile Gleichgewichtslage in der Aequatorialebene stattfand. In den Fällen 2. und 3., also bei einer Vertauschung von Antimon und Wismuth, ergab sich nur eine stabile Gleichgewichtslage und zwar in der Aequatorialebene.

11. Sobald ich die erste Beobachtung über die Abstossung der optischen Axen gemacht hatte, lag der Gedanke nah, zu untersuchen, ob nicht der Magnetismus auf Kry-

*stallbildung Einflufs hätte.* Ich erwartete damals, dafs bei der Ausscheidung der Krystalle aus gesättigten Auflösungen zwischen den Magnetpolen, diese Krystalle sich so bilden würden, dafs diejenige Lage, welche sie freischwebend zwischen den Magnetpolen annehmen und die durch die Abstofsung der optischen Axen sich bestimmt, die vorherrschende wäre; eine Erwartung die gerechtfertigt erscheint, wenn wir die Abstofsung dieser Axen als eine Molecular-Wirkung ansehen, bei welcher jedes kleinste Theilchen schon dieselbe Wirkung erfährt. Die Versuche, die ich damals anstellte, gaben kein Resultat: ich überging sie um so mehr mit Stillschweigen, als ich mir nicht verhehlen konnte, dafs die Bedingungen des muthmafslichen Gelingens derselben nur in geringem Maafse erfüllt waren. Von der Stärke der von Hrn. Faraday entdeckten neuen Wirkung beim Wismuth überrascht, nahm ich, mit Rücksicht auf die leichte Krystallisirbarkeit dieses Metalls, den frühern Gedanken wieder auf, indem ich nun geschmolzenes reines Wismuth langsam zwischen den Magnetpolen erstarren liess. Nach der Erstarrung zeigte sich, dafs die Ebenen der vollkommenen Spaltbarkeit entschieden vorherrschend nach der aequatorialen Richtung lagen. Nach vielfachen Wiederholungen und Modificationen dieses Versuches stand es ohne Widerrede fest, dafs das erlangte Resultat wirklich dem Einflusse des Magnetismus auf die Krystallisation zuzuschreiben sey. Da es mir indess nicht gelang, dem erstarrenden Wismuth durch den Magneten eine *einzige* Hauptspaltungs-Fläche in der Aequatorial-Ebene zu geben, so stellte ich, um das erlangte Resultat aufser allem Zweifel zu setzen, die Versuche noch in anderer Weise an.

12. Wenn nämlich eine zwischen den Magnetpolen erkaltende Wismuthmasse wirklich eine solche Structur erhält, in welcher die Hauptspaltungsebene vorherrschend auf der axialen Richtung senkrecht steht, so mufs sie auch, wenn sie, nach der Erkaltung, um die eine verticale Axe frei beweglich aufgehängt wird, in Folge der magnekrystal-

lischen Wirkung, gerade diejenige Lage einnehmen und festhalten, welche sie beim Erstarren hatte, und, umgekehrt, wenn diese Erscheinung eintritt, so ist es ein Beweis für die Richtigkeit der Voraussetzung.

Ich wählte zuerst eine halbkugelförmige Porcellanschale von 20<sup>mm</sup> Durchmesser und stellte diese in ein mit Sand angefülltes Gefäß mit etwas mehr als doppeltem Durchmesser zwischen die beiden großen Halbanker, die ihre runden Seiten einander zukehrten <sup>1)</sup>. Das Gefäß wurde durch eine Spiritusflamme erhitzt und dann, nachdem die Kette geschlossen, das geschmolzene noch namhaft über den Schmelzpunkt erhitzte Wismuth in die Porcellanschale gegossen und mit einer Holzkohle überdeckt. Die Erstarrung trat nach 10—12 Minuten ein. Die Wismuthmasse wurde, nachdem auf ihr die aequatoriale Richtung auf ihrer obern Fläche durch eine gerade Linie bezeichnet worden war, aus der Porcellanschale herausgenommen und an einem starken Seidenfaden zwischen den Polspitzen so aufgehängt, daß jene Linie, bei der Drehung um diesen Faden immer in der Horizontalebene blieb. In Folge der symmetrischen Form der Wismuthmasse in Beziehung auf die Umdrehungsaxe konnte die diamagnetische Wirkung keine Drehung hervorbringen und die Gleichgewichtslage hätte sich lediglich durch die Torsion des Seidenfadens bestimmen müssen. Nichts desto weniger aber stellte sich die Wismuthmasse mit großer Entschiedenheit so, daß diejenige gerade Linie, welche unmittelbar nach der Erstarrung zur Bezeichnung der aequatorialen Richtung gedient hatte, dieselbe Richtung wiederum erhielt.

13. Um den letzten Versuch zu variiren, höhle ich eine Holzkohle so aus, daß die Höhlung ungefähr 6<sup>mm</sup> breit und etwas mehr als doppelt so lang war. In diese Höhlung wurde wie früher das geschmolzene Wismuth gegossen, daß etwa nach einer Minute erstarrte und dann aus der Kohle sich, ohne daß diese versehrt wurde, herausnehmen liefs. Befand sich das Kohlenstück außer dem Be-

1) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 550.

reiche des Magneten, so zeigte sich das gegossene Wismuthstück, ohne magnekrySTALLISCHE Wirkung, rein diamagnetisch, indem es zwischen den Polspitzen aufgehängt, mit seiner Längenrichtung sich aequatorial einstellte. Befand sich aber dasselbe Kohlenstück, während das geschmolzene Wismuth eingegossen wurde und erstarrte, zwischen den einander möglichst genäherten grossen Halbankern und zwar einmal so, dafs die Längenrichtung der Höhlung die aequatoriale Lage, das andere Mal so, dafs sie die axiale Lage hatte, so stellte sich das Wismuthstück, horizontalschwebend in seiner Mitte an einem Coconfaden zwischen den Polspitzen aufgehängt, einmal *stark* diamagnetisch, das andere Mal wie ein magnetischer Körper, den Diamagnetismus der Masse überwindend. Zuweilen trat die magnetische Stellung erst bei einem grössern Abstände der Polspitzen von einander ein.

Endlich wurden noch dem Kohlenstücke *schiefe* Stellungen zwischen den grossen Halbankern gegeben und zur Bestimmung derselben, auf dem in der Höhlung desselben gegossenen Wismuthstücke, gleich nach der Erstarrung desselben, die aequatoriale Lage durch Auftragung einer geraden Linie bezeichnet. Wurde dieses Wismuthstück dann herausgenommen und wie früher zwischen den Polspitzen aufgehängt, so stellte es sich weder wie ein magnetischer, noch wie ein diamagnetischer Körper, *sondern nahm entschieden diejenige Lage an, bei welcher die aufgetragene gerade Linie wiederum genau aequatorial gerichtet war.*

Ich ziehe hieraus den allgemeinen Schluss, dafs eine Wismuthmasse von beliebiger Form, welche zwischen Magnetpolen erstarrt ist, dieselbe Lage, die sie beim Erstarren hatte, auch dann behauptet, wenn sie an einem Faden aequilibriert aufgehängt, sich um eine verticale Axe frei drehen kann; vorausgesetzt nur, dafs das von der Form abhängige diamagnetische Drehungs-Moment, wenn es entgegengesetzt wirkt, nicht zu gross ist. Und hieraus folgt weiter, dafs der Magnetismus auf die Krystallisation des erstarrenden Wismuths in der Art einwirkt, dafs es bestimmt wird, den

Ebenen der vollkommenen Spaltbarkeit die aequatoriale Stellung zu geben.

Bonn den 27. März 1849.

### VIII. *Untersuchung über die latente Schmelzwärme; von C. C. Person.*

(Schluß von S. 441.)

#### Wärme-Entwicklung bei der Bildung von Legirungen.

**I**ch habe ermittelt, daß sich beim Vermischen zweier geschmolzenen Metalle Wärme entwickelt. Ein Glaskügelchen, welches geschmolzenes Blei enthielt, wurde in einem kleinen, durch eine Weingeistlampe geheizten Ofen von Weißblech in einer festen Temperatur gehalten. In diesem Blei befand sich eine dicke Röhre mit geschmolzenem Wismuth; der Boden dieser Röhre war sehr dünn und wurde durch einen Eisendraht eingestossen; die Metalle mischten sich nun, und sogleich entstand eine Temperatur-Erhöhung von einigen dreißig Graden; bald nachher war der Apparat auf seine ursprüngliche Temperatur herabgesunken. Diefes Phänomen ist besonders beim Wismuth und Blei deutlich; beim Wismuth und Zinn dagegen ist die Wärmeentwicklung nur unmerklich.

Man könnte glauben, die bei der Bildung von Legirungen entwickelte Wärme sey das *Product* einer chemischen Wirkung; allein ich glaube nicht, daß hier eine wirkliche Erzeugung von Wärme stattfindet. Die erstarrten Legirungen haben, nach Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur, dieselbe specifische Wärme wie die sie zusammensetzenden Metalle, d. h. sie verlieren für jeden Grad Erkaltung dieselbe Wärmemenge, welche die einzelnen Metalle verlieren würden; hiernach und da man keine durch eine weitere Erkaltung bewirkte Aenderung des Aggregatzustands

kennt, ist es natürlich anzunehmen, daß sie dieselbe Gesamtmenge von Wärme enthalten. Nimmt man nun, bei der Temperatur  $20^{\circ}$ , die Legirung  $Pb, Bi$ , einerseits, und die einzelnen Metalle andererseits, so findet man, daß man, um die Temperatur  $330^{\circ}$  zu erlangen, den Metallen 19,570 Wärme-Einheiten und der Legirung nur 15,748, d. h. 3,826 weniger, geben muß. Hiernach muß man offenbar, beim Vermischen der Metalle, eine Temperatur-Erhöhung erwarten, weil diese 3,826 Wärme-Einheiten zu viel da sind für die Bildung der Legirung. Um demnach die beobachtete Temperatur zu erklären, ist es nicht nöthig eine Erschaffung von Wärme anzunehmen, sondern nur eine Entwicklung der Wärme, die sich in den einzelnen Metallen im Mehr befand. Was diese Ansicht bestätigt, ist der Umstand, daß die Temperatur-Erhöhung proportional zu seyn scheint der Wärme, die sich in den Metallen im Mehr befindet. So giebt es für  $Bi, Sn$ , nicht 1 Wärme-Einheit Unterschied in der Legirung und in den Metallen; auch ist die Temperatur-Erhöhung nur wenig merklich.

Diese Wärme, die sich mehr in den einzelnen Metallen befindet, berechnet sich leicht mittelst der Versuche über die von den Metallen und Legirungen abgegebene Wärme. Sey  $A$  der Wärmegehalt der Gewichtseinheit einer Legirung zwischen den Temperaturen  $t$  und  $t'$ , welche den Schmelzpunkt einschließen, seyen  $c$  und  $C$  die specifischen Wärmen im starren und flüssigen Zustand, so ist der Wärmegehalt zwischen  $330$  und  $20^{\circ}$ :

$$A - C(t - 330) + c(t' - 20).$$

Wendet man dieselbe Formel auf jedes der Metalle an und berechnet den Wärmegehalt eines Gramm dieser Metalle, genommen in den Verhältnissen der Legirung, zwischen denselben Gränzen, so hat man die folgende Tafel:

Legirung.	<i>A</i> .	<i>M</i>	Unter- schiede.
<i>Bi<sub>3</sub> Pb<sub>2</sub> Sn<sub>1</sub></i>	19,969	21,878	1,909
<i>Bi<sub>2</sub> Pb Sn<sub>2</sub></i>	21,875	23,411	1,743
<i>Bi<sub>1</sub> Pb<sub>2</sub></i>	15,748	19,570	3,826
<i>Bi<sub>3</sub> Sn<sub>4</sub></i>	25,880	26,756	0,851

Hieraus erhellt: 1) dafs bei gleicher Temperatur die geschmolzenen Metalle mehr Wärme enthalten als ihre Legirungen; 2) dafs die Wärme, welche sich bei chemischen Verbindungen entwickelt, nicht immer durch den Act der Verbindung selbst erzeugt ist; und dafs insbesondere diejenige, welche sich beim Legiren von Blei und Wismuth entwickelt, davon herrührt, dafs die Legirung zu ihrem Bestehen bei derselben Temperatur nicht so viel Wärme gebraucht als die einzelnen Metalle.

Eine wichtige Folgerung, die sich aus vorstehender Tafel ergibt, ist die, dafs die latente Wärme der legirten Metalle geringer ist als die gesonderten. In der That, da die specifischen Wärmen gleich sind, so mufs sich der beobachtete Unterschied auf die latenten Wärmen werfen. Und da zugleich der Schmelzpunkt eines jeden Metalles in der Legirung erniedrigt ist, so haben wir hierin eine evidente Analogie mit dem, was wir bei nicht-metallischen Substanzen gesehen haben. Das Wasser, wenn es bei 10° gefriert, entwickelt weniger Wärme, als wenn es bei Null gefriert; ebenso entwickelt das Wismuth, wenn es bei 96° gesteht, weniger Wärme, als wenn es bei 267° gesteht.

#### Freiwillige Zersetzung der Legirungen nach dem Erstarren.

Rudberg hat die Zersetzung der Legirungen vor dem Erstarren studirt; er hat gesehen, dafs in gewissen Legirungen, die Metalle sich während des Erkaltens mehr oder weniger vollständig von einander sondern, indem sie bei verschiedenen Temperaturen gestehen; dafs dagegen in andern Legirungen die verschiedenen Metalle einen gemeinschaftlichen Erstarrungspunkt erreichen. Ich will nun zei-

gen, daß diese Legirungen, die man für stabil hielt, sich nach der Erstarrung freiwillig zersetzen.

Nehmen wir zuvörderst die d'Arcet'sche Legirung. Der Gang der Erkaltung zeigt, daß er bis zum Erstarrungspunkt der Legirung sinkt, ohne daß diese sich zersetzt. Nach der Entbindung der latenten Wärme starr geworden, fährt die Legirung ruhig bis gegen  $57^{\circ}$  C. fort zu erkalten: dann mit einem Mal steht das Thermometer still und steigt sogar um  $1^{\circ}$  oder  $2^{\circ}$ . Das Kügelchen, welches die Legirung enthält, berstet, und es beginnt eine Wärmeentwicklung, welche die Temperatur eben so lange fest erhält, als es zuvor die latente Schmelzwärme that. Die Wärmeentwicklung fährt dann noch sehr lange fort, wie aus der ungewöhnlichen Langsamkeit der Erkaltung hervorgeht; denn in demselben Kügelchen erkaltet dieselbe Masse viel schneller, wenn man sie, nach vollständiger Entweichung der latenten Zersetzungswärme, bis etwa  $50^{\circ}$  C. erwärmt.

Die Ausdehnung, welche das Kügelchen zum Bersten bringt, ist kein bloßer Effect der Wärme, es ist eine Ausdehnung, die nach der Erkaltung anhält. Diefes erhellt daraus, daß das Thermometer nicht mehr wie zuvor eingepreßt ist, sondern etwas Spielraum hat, was ich beständig beobachtet habe. Wie es scheint nehmen die Metalle, nach der Zersetzung, ein größeres Volum ein, als wenn sie verbunden sind. Die Ausdehnungskraft ist groß genug um einen Cylinder von dünnem Kupfer (*cuivre gratté*) in welches man die Legirung gegossen hat, zu zerreißen. Weißblech widersteht aber, und alsdann geschieht die Zersetzung nicht vollständig nach einer bloßen Erkaltung.

Wenn man die geschmolzene Legirung plötzlich, z. B. durch Eintauchen in Wasser, erkaltet, so durchgeht sie die Temperatur  $57^{\circ}$  und sinkt selbst noch darunter, ohne daß die Zersetzung Zeit hat einzutreten. Indefs kommt ein Moment, wo die Anordnung der Theilchen zuletzt unverträglich wird mit der stattfindenden Temperatur; alsdann erfolgt die Zersetzung und da sie gewissermaßen zurückgehalten ward, geschieht sie mit größerer Energie, d. h. in

einer kürzeren Zeit. Die dann entweichende Wärme verzögert nicht nur die Erkaltung, sondern verursacht eine bedeutende Temperatur-Erhöhung; diese steigt z. B. von 36 auf 70°, so daß die Legirung, die man anfangs ungestraft anfassen konnte, sich von selbst soweit erwärmt, daß man sich die Finger daran verbrennt. Es ist ein guter Versuch für Vorlesungen, wenn man mit einem Cylinder von 3 bis 4 Centimeter im Durchmesser arbeitet. Die ersten Personen, die ihn anfassen, können ihn unbeschädigt in die Hand nehmen, dann aber wird er brennend heiß.

Die Thatsache der freiwilligen Erhitzung der d'Arcet'schen Legirung nach der plötzlichen Erkaltung war schon bekannt. Berzelius erklärte sie durch die Annahme, daß das Innere noch flüssig sey, wenn bereits das Aeußere erkaltet ist; ihm zufolge ist es die durch die Gestarrung des flüssigen Theils entwickelte latente Wärme, welche das Uebrige wieder erhitzt. Mit einem in die Legirung gesteckten Thermometer hat Warrington gezeigt, daß sich das Innere wie das Aeußere erkaltet. Ueberdies hat er nachgewiesen, daß nach der Wärme-Entwicklung eine merkwürdige Aenderung des Gefüges eintritt; der Bruch ist ganz matt, während er zuvor vollkommen glänzend war.

Zum ferneren Beweise einer Zersetzung der Legirung füge ich noch hinzu, daß die specifische Wärme, nach vollständiger Entwicklung der aus der Zustandsänderung entspringenden Wärme, fast genau die eines Gemenges der drei Metalle ist, während sie zuvor sehr davon verschieden war.

Diese specifische Wärme, welche die Legirung vom Moment der vollständigen Verfestung an bis zur beginnenden Zersetzung besitzt, kann nicht durch die Mengungsmethode gemessen werden. Ich habe sie nach der oben erwähnten Erkaltungsmethode gemessen, nachdem ich durch den Gang des Thermometers ermittelt, daß sie innerhalb eines Intervalls von wenigstens 30 Graden, von 88° bis 58°, beinahe constant ist. In einem Glaskügelchen, dessen Aequivalent mit dem Thermometer 0,55 war, gebrauchten 67,9 Grm. der

Legirung 239 Sekunden um von  $86^{\circ},6$  auf  $58^{\circ},7$  herabzusinken; 49,4 Grm. Zinn erforderten 205 Sekunden. Diefes giebt für die specifische Wärme 0,0489, sehr verschieden von der Zahl 0,0375, welche man nach der Zersetzung findet.

Die Rose'sche Legirung verhält sich wie die d'Arcetsche. Für ihre specifische Wärme im starren Zustand, nach der Verfestung zwischen  $87^{\circ},6$  und  $53^{\circ},6$ , fand ich 0,0491. Nach der Verfestung kam sie auf das Mittel der drei Metalle zurück.

Die Legirungen  $Bi_3 Pb_2$  und  $Bi_3 Sn_4$  sind noch viel weniger stabil als die vorherigen. Diese halten sich wenigstens eine Zeitlang im starren Zustand; allein die Zersetzung von  $Bi_3 Pb_2$  und  $Bi_3 Sn_4$  beginnt bei der Erstarrung selbst oder unmittelbar hinterher. Uebrigens läfst sich die Zersetzung nachweisen, sowohl durch das Bersten der Glaskugel, welches durch die aus der Zustandsänderung hervorgehenden Ausdehnung erfolgt, als auch durch das Steigen des innern Thermometers, nach einer plötzlichen Erkaltung der Legirung, als auch durch die Wärmeentwicklung, welche bei anhaltender Zersetzung stattfindet. Diese Wärmeentwicklung erkennt man daran, dafs, nach der Schmelzung, eine längere Zeit zum Sinken auf die gewöhnliche Temperatur erforderlich ist, als wenn man, nach einmal beendeter Zersetzung, die Legirung, ohne sie zu schmelzen, blofs erhitzt. 56,9 Grm. der Legirung  $Bi_3 Sn_4$  z. B., die bei  $135^{\circ},3$  schmilzt, gebrauchten, sogleich nach der Schmelzung, 723 Sekunden um von  $104^{\circ},7$  auf  $33^{\circ}$  herabzusinken; als darauf dieselbe Legirung in demselben Kügelchen bis gegen  $110^{\circ}$  erhitzt wurde, durchlief sie dasselbe Intervall in nur 653 Sekunden, was ein Unterschied von 70 Sekunden ist. Ich habe ermittelt, dafs man nichts dem Aehnliches bei den Substanzen beobachtet, die sich nicht zersetzen. Das Zinn erkaltet nach dem Schmelzen nicht langsamer als nach der blofsen Erhitzung.

Nachdem was wir soeben gesehen, scheint es, dafs die Verbindungen zwischen den Metallen nur eine momentane,

auf gewisse Temperaturen beschränkte Existenz besitzen, wenigstens im starren Zustand; es ist zweifelhaft, ob die Legirungen, nach der vollständigen Erkaltung, für etwas anderes als für blofse Gemenge zu halten seyn. Die atomischen Verhältnisse, die Farben- oder Elasticitätsänderungen reichen nicht hin zur Entscheidung der Frage. Man müfste Kennzeichen aus der Krystallisation oder aus der specifischen Wärme aufsuchen um gewifs zu seyn, dafs eine solche Legirung eine wirkliche Verbindung ist.

**Specifische Wärme der starren Legirungen im stabilen Zustande.**

Hr. Regnault, in seiner Arbeit über die specifischen Wärmen, giebt an, dafs die specifische Wärme der Legirungen, in einem etwas grofsen Abstände von ihrem Schmelzpunkt, genau das Mittel aus den specifischen Wärmen der sie zusammensetzenden Metalle sey. Indefs nennt er eine Klasse von Legirungen, die von diesem Gesetze abweicht; sie umfaßt die Legirungen, welche gegen  $100^{\circ}$  oder einige Grade darüber schmelzen; die Wärmecapacität dieser ist viel gröfser als die mittlere. Es ist wahrscheinlich, sagt Hr. Regnault, dafs diese Legirungen eine gröfsere Abweichung zeigen würden, wenn man sie zwischen  $0^{\circ}$  und  $50^{\circ}$  untersuchte. Ich habe diefs geprüft, und übereinstimmend mit dem Ausspruch des Hrn. Regnault gefunden, dafs diese Legirungen bei der gewöhnlichen Temperatur dieselbe specifische Wärme wie ein blofses Gemisch ihrer Bestandtheile haben.

Es bleibt noch zu ermitteln, was die Ursache der Anomalie sey, welche diese Legirungen zeigen, wenn man ihre specifische Wärme von einer dem Schmelzpunkt nahen Temperatur aus bestimmt. Die grofse Wärmecapacität, welche man dann bei ihnen findet, kommt nicht, wie man wohl glauben könnte, davon her, dafs die Legirung schon einen Theil der latenten Schmelzwärme enthält, sondern davon, dafs sie dem Calorimeter von der aus der Zersetzung entspringenden Wärme abtritt. Man braucht nicht bis zur Schmel-

Schmelzung zu gehen, damit die Wiedierzusammensetzung wenigstens theilweis eintrete; vielmehr beginnt diese Re-composition, so wie man eine gewisse Temperatur erreicht hat, und sie macht grofse Fortschritte, wenn man die Legirung z. B. zwei Stunden lang bei einigen Graden unter ihrem Schmelzpunkt erhält. Taucht man sie darauf in das Calorimeter, so entweicht die aus der Zersetzung entspringende Wärme und läfst auf eine ungeheure Wärmecapacität schliessen.

Ich habe mich überzeugt, dafs der Vorgang ein solcher ist, indem ich die specifischen Wärmen der Legirungen von verschiedenen Temperaturen aus mafs. Die Hauptschwierigkeit dabei war, die Legirungen bis zu recht festen und unter  $100^{\circ}$  liegenden Temperaturen zu erhitzen. Ich habe zu dem Ende einen kleinen Ofen angewandt, der am Schlusse dieses Aufsatzes beschrieben ist. Es ist leicht diesem Ofen jede beliebige Temperatur zu geben, von  $100^{\circ}$  an bis zur gewöhnlichen Temperatur. Die Legirung war zu einem Cylinder gegossen, den man mittelst eines Hakens an einem Messingdraht aufhing; manchmal wurde auch ein Thermometer in den Cylinder eingelassen; bisweilen erhitze man sie im trocknen Ofen, zuweilen, wenn dieser mit Wasser gefüllt war. Die Wärme  $\alpha$ , welche während des Acts der Eintauchung verloren ging, wurde wie beim Phosphor berechnet; wenn mit der Legirung Wasser gebraucht ward, nahm man  $\alpha = 0$  durch Compensation. Folgendes sind die Resultate von sechs Versuchen mit d'Arcet'scher Legirung, deren Schmelzpunkt  $96^{\circ}$  ist.

Specifische Wärme der d'Arcet'schen Legirung zwischen  $t^{\circ}$  und  $\theta^{\circ}$ .

	M.	T.	$\theta$ .	$\alpha$ .	$\alpha$ .	m.	t.	$\mu$ .	c.	Dauer.
I.	1170	19,215	24,717	— 49,0	30	846,5	94,9	3,67	0,1054	23'
II.	1150	17,747	22,515	— 54,6	10	1045,8	95,5	1,7	0,0710	26
III.	1200	18,198	22,121	— 54,4	10	663,9	94,0	1,7	0,0690	18
IV.	1050	10,284	14,392	— 335,5	0	1076,9	81,5	0,06	0,0598	28
V.	1140	18,338	19,359	2,7	0	1004,5	50,6	0,03	0,0374	16
VI.	1050	10,634	12,171	66,4	0	1174,8	50,6	0,06	0,0377	25

Beim ersten Versuch goß man die geschmolzene Legirung in einen Cylinder von Kupferblech (*cuivre gratté*); in die Axe war ein Thermometer gestellt und als dasselbe, nach der Erstarrung,  $94^{\circ}$  zeigte, brachte man den Ofen in das Bad, welches auf nicht mehr als  $95^{\circ},2$  stieg. Nach Ablauf einer Stunde, als das Thermometer in der Legirung auf  $94^{\circ},9$  stillstand (nach allen Berichtigungen), tauchte man ihn in das Calorimeter. Auf diese Weise hatte man die latente Schmelzwärme entfernt, und die Zersetzungswärme conservirt. Auch erhielt man 7,4 Wärme-Einheiten pro Gramm, während bei dem folgenden Versuch die zuvor erkaltete und darauf wieder bis  $95^{\circ},5$  erwärmte Legirung nur 5,2 Wärme-Einheiten gab. Man gelangt demnach zu dem paradoxen Resultat, daß ein und derselbe Körper *weniger* Wärme enthält, wenn seine Temperatur *höher* ist. Allein die Wärme-Entwicklung im Moment der Zersetzung erklärt dieses Paradoxon vollkommen.

Der Vergleich der Versuche I und II zeigt evident die Zersetzungswärme; allein er gäbe kein genaues Maafs von ihr, die wenigstens 3 Wärme-Einheiten beträgt. Hier findet man deren nur 2,2, weil die bis  $95^{\circ},5$  erhitze Legirung, zum Theil die Recomposition erlitten hatte, die durch die Schmelzung vollständig gemacht worden wäre.

Allein selbst bei  $81^{\circ},5$  erfolgte eine theilweise Recomposition; diese beweist der Versuch IV, welcher noch eine ungeheure specifische Wärme giebt. Aus der Erkaltung wissen wir, daß die specifische Wärme zwischen  $88$  und  $58^{\circ}$  nur 0,0489 beträgt; die Versuche V und VI zeigen, daß sie zwischen  $50$  und  $12^{\circ}$  nur 0,0375 beträgt, und dagegen giebt IV zwischen  $81,5$  und  $14$  Grad 0,0598! Offenbar war hier Wärme aus der Zustandsänderung vorhanden. Mithin können die vier ersten Versuche nicht das Maafs der specischen Wärme geben; diese kann vom Calorimeter nur von der Temperatur aus gemessen werden, wo die Constitution stabil ist. Wir wissen daß die Zersetzung gegen  $55^{\circ}$  geschieht, folglich kann die Wiedierzusammensetzung nicht eher beginnen, als bis man sich über diesen

Punkt erhebt. Die beiden letzten Versuche sind gut, weil man mit der Erhitzung nicht über  $51^{\circ}$  hinausgegangen ist; sie geben eine spezifische Wärme, welche wenig abweicht von 0,0356, d. h. von der spezifischen Wärme eines Gemenges der drei Metalle im Verhältniß der Legirung.

Ich gebe hier noch die spezifischen Wärmen einiger andern Legirungen, genommen bei verschiedenen Abständen vom Schmelzpunkt;  $k$  bezeichnet die spezifische Wärme eines Gemenges der Metalle im Verhältniß der Legirung;  $\tau$  ist der Schmelzpunkt.

Specifiche Wärme der Legirung im starren Zustand.

Legirung.	$\tau$ .	M.	T.	$\phi$ .	$\alpha$ .	$\alpha$ .	m.	f.	$\mu$ .	c.	k.
$Bi, Pb$	122,4	1198,4	15,196	16,503	— 6,6	0	551,9	99,0	1,7	0,0317	0,03106
do.	122,4	1198,4	14,857	16,180	+ 12,2	0	551,9	98,6	1,7	0,0316	0,03106
$Bi, Sn$	135,3	1200,0	14,859	16,507	+ 66,7	0	516,0	98,6	0,03	0,0450	0,0415
do.	145?	1200,0	16,027	16,666	— 5,3	0	592,5	53,1	0,06	0,0429	0,04012
$Bi Pb Sn$	145?	1200,0	18,560	19,095	— 10,9	0	492,5	51,7	0,06	0,0417	0,04012

Für die Legirung  $\text{Bi Pb Sn}_2$  hat Hr. Regnault zwischen  $98^\circ$  und  $10^\circ$  gefunden

$$c = 0,04476;$$

es ist eine Legirung, die sich schon im flüssigen Zustande zersetzt; vollkommen schmilzt sie erst bei  $145^\circ$  und ihre Verfestung ist erst etwas unter  $120^\circ$  vollendet.

Latente Schmelz- und Zersetzungswärme der Legirungen.

Die d'Arcet'sche und Rose'sche Legirung durchlaufen wenigstens einige dreissig Grade unter ihrem Schmelzpunkt, ohne sich zu zersetzen; es scheint demnach, als könne man ihre latente Schmelzwärme mit dem Calorimeter messen. Ich habe es versucht; allein wenn man die Legirung eine oder zwei Stunden lang bei einigen Graden unter ihrem Schmelzpunkt hält, erfolgt zum Theil die Zersetzung.

Dagegen findet hier die Erkaltungsmethode ihre Anwendung; ich habe mich zuvor versichert, dafs sie ein sehr angenähertes Maafs liefert. Mit 67,9 Grm. d'Arcet'scher Legirung operirend, dauerte die Entwicklung der latenten Wärme 510 Sekunden, während welcher sich die Temperatur von  $100^\circ,3$  bis  $87^\circ,3$  veränderte. Um während dieses Intervalls die mittlere Temperatur zu haben, mufs man jede Temperatur mit ihrer Dauer multipliciren und durch die gesammte Zeit dividiren; so findet man  $95^\circ$ . Und da die umgebende Temperatur  $13^\circ$  war, kommt  $T = 82^\circ$  für den Temperatur-Ueberschufs; in Folge des hat man  $u = m(a^T - 1) + nT^b = 0,6973$  für die Erkaltungsgeschwindigkeit. Da nun  $\Delta t = 510''$ ,  $p = 67,9$  Grm.,  $c = 0,0489$ ,  $\mu = 0,55$  und  $\Delta T = 13^\circ$ , so findet man für die latente Wärme;

$$l = \frac{u \Delta t}{p} - \left(c + \frac{\mu}{p}\right) \Delta T = 4,496.$$

Bei der Rose'schen Legirung ist die Entwicklung der latenten Wärme nicht so scharf, wie bei der D'Arcet'schen. Gegen  $110^\circ$ , steht das Thermometer einen Moment

still und steigt sogar etwas. Wahrscheinlich geschieht dann eine theilweise Zersetzung; allein fast die Gesammtheit der latenten Wärme entweicht gegen  $94^{\circ}$ . Mit 58,66 Grm. operirend, sank das Thermometer erst auf  $93^{\circ}$ , stieg dann auf  $94^{\circ}$ , und oscillirte nun in der Weise, daß es 421 Sekunden gebrauchte, um von  $93^{\circ}$  auf  $88^{\circ},6$  zu sinken, d. h. auf den Punkt, wo die Entwicklung der latenten Wärme beendet ist. Multiplicirt man die Temperatur mit ihrer Dauer, so findet man  $93^{\circ},16$  für die mittlere Temperatur während der 421 Sekunden. Da die umgebende Temperatur  $12^{\circ}$  war, so kommt  $T=81,2$ ; überdiß hat man  $p=58,66$ ,  $c=0,049$ ,  $\mu=0,55$ ,  $\Delta T=4,4$ ; also  $l=4,687$ , ohne Zweifel eine etwas zu kleine Zahl, wegen der theilweisen Zersetzung, die der Entwicklung der latenten Wärme vorausging.

Bei den Legirungen  $Bi_3 Sn_4$  und  $Bi_3 Pb_2$  beginnt die latente Zersetzungswärme sich zur selben Zeit zu entwickeln, wie die latente Schmelzwärme. Es giebt dazwischen keinen Stillstand, und daher ist es unmöglich die latente Schmelzwärme zu bestimmen.

Die latente Zersetzungswärme der d'Arcet'schen und der Rose'schen Legirung läßt sich durch Subtraction bestimmen. Sey  $A$  die von 1 Grm. der Legirung zwischen  $t^{\circ}$  und  $t'^{\circ}$  abgegebene Wärme,  $\tau$  der Schmelzpunkt,  $\vartheta$  die Temperatur, bei welcher die Zersetzung beginnt,  $C, c', c$  die specifischen Wärmen zwischen  $t$  und  $\tau$ ,  $\tau$  und  $\vartheta$ ,  $\vartheta$  und  $t'$ ;  $l$  und  $\lambda$  die latenten Wärmen der Schmelzung und Zersetzung, so hat man:

$$C(t-\tau) + l + c'(\tau-\vartheta) + \lambda + c(t'-\vartheta) = A:$$

Für die d'Arcet'sche Legirung ist:

$$C=0,03895; c'=0,0489; c=0,0375$$

$$t=119; \tau=96; \vartheta=56; t'=20; l=4,496; A=12,539$$

also

$$\lambda=3,148.$$

Für die Rose'sche Legirung findet man angenähert

$$\lambda=2,8.$$

Wir haben bemerkt (S. 588), daß die latente Wärme eines Metalls kleiner ist, wenn es bei einer niedrigeren Temperatur erstarrt; wir werden jetzt sehen, daß diese kleinere latente Wärme sich berechnen läßt durch die Formel

$$(160 + t) \delta = l.$$

Wir gehen von dem Satze aus, daß wenn die Liquidität eines Metalls vergleichbar wäre der des Wassers, des Schwefels und der Salze, ihre spezifische Wärme im flüssigen Zustande

$$C = c + \frac{l}{160 + \tau}$$

seyn würde, wo  $c$  die spezifische Wärme im starren Zustand,  $l$  die latente Schmelzwärme und  $\tau$  den Schmelzpunkt bezeichnet. Demzufolge hätte man

$$\delta = C - c = \frac{l}{160 + \tau}.$$

Bezeichnen wir durch  $\delta Bi$ ,  $\delta Pb$ ,  $\delta Sn$  diesen Werth für ein Atom Wismuth, Blei und Zinn, so würde die latente Wärme der d'Arcet'schen Legirung seyn:

$$(160 + 96) \left( \frac{3\delta Bi + 2\delta Pb + 2\delta Sn}{3Bi + 2Pb + 2Sn} \right) = 6,369.$$

Der Versuch giebt 4,496; allein wir wissen, daß sich im Moment der Bildung der Legirung (S. 587) 1,909 Wärme-Einheiten entwickeln; zieht man nun diese Gröfse von 6,369 ab, so kommt man auf 4,460 zurück, was wenig von dem beobachteten Resultat abweicht. Hiernach scheint es, daß die Formel für Metalle gültig sey, sobald die im Moment der Verbindung verloren gehende Wärme in Rechnung gezogen wird.

Diese Bedingung ist übrigens ganz natürlich. Denn bezeichnen wir mit  $CBi$ ,  $CPb$  und  $Csn$  die spezifischen Wärmen eines Atoms jeder dieser Metalle, berechnet nach der Formel

$$C = c + \frac{l}{160 + \tau},$$

welche für den Fall einer wahren Liquidität gilt, so ist die

Wärme, welche in 1 Grm. der Legirung einen Augenblick vor der Erstarrung vorhanden seyn wird,

$$(160 + 96) \left( \frac{3CBi + 2CPb + 2CSn}{3Bi + 2Pb + 2Sn} \right) = (160 + 96) k$$

sobald die Legirung nichts verloren hätte. Da sie aber 1,909 Wärme-Einheiten entwickelt, so hat man nur  $(160 + 96) k - 1,909$ . Die bei derselben Temperatur im starren Zustand enthaltene Wärme ist  $(160 + 96) k$ . Die latente Wärme ist der Unterschied zwischen den bei gleicher Temperatur im starren und im flüssigen Zustand enthaltenen Wärmen, also hier  $(160 + 96) k - 1,909 = 4,460$ , übereinstimmend mit dem Versuch. Ich bemerke hier, dafs man in der Tafel über die Producte der Atomgewichte in die specifischen Wärmen  $cBi = 0,45034$  angegeben findet <sup>1)</sup>, diefs ist aber ein Druckfehler, der allgemein in den Lehrbüchern wiederholt wird; es mufs heifsen 0,41029.

Für die Rose'sche Legirung hat man:

$$(160 + 91) k - 1,713 = 5,12.$$

Der Versuch giebt 4,69; allein wir haben gesehen, dafs dieser Werth, wegen der bei dieser Legirung vor der Erstarrung eintretenden Zersetzung, die bei 110° einen Stillstand des Thermometers bewirkt, zu gering ist.

Durch dieselbe Formel  $(160 + t) \delta = \lambda$  kann man angenähert auch die latente Zersetzungswärme berechnen. Sie entweicht bei 60°, also ist  $t = 60$ . Was  $\delta$  betrifft, so ist es der Unterschied der specifischen Wärmen vor und nach der Zersetzung. Somit hat man für die d'Arcet'sche Legirung

$$\delta = 0,0489 - 0,0356 = 0,0133,$$

woraus

$$\lambda = 2,926.$$

Der Versuch giebt 3,148, also beträgt der Unterschied nicht 0,1 des Werthes. Wir nehmen hier die mittlere spe-

1) Hrn. Regnault's Abhandlung, *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. T. LXXIII. p. 62.* (Annal. Bd. 51. S. 235.)

cifische Wärme der Metalle als die der Legirung nach der vollständigen Zersetzung.

Die eben vollzogene Rechnung besagt: Wenn die Legirung sich nicht zersetzte, würde die gesammte bei  $60^{\circ}$  darin enthaltene Wärme seyn:  $(160 + 60) \times 0,0489$ , allein die zersetzte Legirung enthält bei dieser Temperatur nur  $(160 + 60) \times 0,0356$ . Die latente Zersetzungswärme ist der Unterschied dieser beiden Größen, also 2,926 Wärme-Einheiten. Bei allen diesen Schlüssen nehmen wir den absoluten Nullpunkt als 160 Grad unter dem gewöhnlichen Nullpunkt an, und, wie man sieht, gelangt man damit zu Resultaten, die mit den Thatsachen übereinstimmen.

Für die Rose'sche Legirung hätte man:

$$\delta = 0,0491 - 0,03785 = 0,01125$$

woraus

$$\lambda = 2,475.$$

Die Erfahrung giebt angenähert 2,8, wenn man  $l = 4,687$  nimmt, wie wir wissen, eine zu kleine Zahl. Nimmt man  $l = 5,12$ , wie die Formel giebt, so kommt  $\lambda = 2,367$ , eine Zahl, die kaum von der oben gefundenen abweicht.

Kurz die Formel  $(160 + t) \delta = l$  ist in gewissen Fällen selbst für metallische Substanzen gültig.

#### Ueber den Schmelzpunkt der Legirungen.

Poggendorff's Annalen (1847. No. 7, S. 460) enthalten eine bis dahin unveröffentlichte Note von Rudberg, nach der man den Schmelzpunkt der Legirungen im Voraus angeben kann. Rudberg nimmt als Princip an, *dass in einer binären Legirung jedes Metall zwischen seinem und der Legirung Schmelzpunkt eine gleiche Wärmemenge abgebe*. Seyen  $c'$  die specifische Wärme eines der Metalle,  $m'$  seine Masse in der Legirung,  $\tau'$  sein Schmelzpunkt,  $\tau$  der der Legirung,  $t$  die Temperatur, so ist für die Senkung  $dt$  der Wärmeverlust  $m'c'dt$ , und zwischen den Gränzen

$\tau$  und  $\tau'$  ist er  $= m' \int_{\tau}^{\tau'} c' dt$ . Für ein anderes Metall ist

er  $m'' \int_{\tau}^{\tau'} c'' dt$ . Sind diese beiden Gröſsen gleich und überdies  $c'$  und  $c''$  constant (oder in einem constanten Verhältniſs) so hat man:

$$m' c' (\tau' - \tau) = m'' c'' (\tau'' - \tau)$$

eine Relation, die  $\tau$  d. h. den Schmelzpunkt der Legirung bestimmt.

Rudberg giebt keinen physischen Grund von dem Princip, von welchem er ausgeht; er begnügt sich zu zeigen, daſs die daraus abgeleiteten Resultate mit der Erfahrung übereinstimmen. In der That ist die Uebereinstimmung merkwürdig, allein es ist nicht die Note, welche dieſs beweist, im Gegentheil müſste man aus der Note schlieſsen, daſs sie nicht stattfinde. Rudberg, welcher vor den Arbeiten des Hrn. Regnault schrieb, nahm an, daſs die specifischen Wärmen der Metall-Atome unter sich in einfachen Verhältnissen ständen, die um eine Einheit abweichen könnten, daſs sich z. B. die des Wismuths zu der des Zinns wie 2 zu 3 verhielte; dieſs entfernt sich aber sehr von der Wahrheit. Ueberdies, obwohl er das theilweise Zerfallen der Metalle bei der Gestarrung gewisser Legirungen kannte, ja es zuerst nachgewiesen, hat er es doch nicht immer wahrgenommen. Nun ist klar, daſs die Regel nicht für Legirungen gilt, deren Metalle sich bei verschiedenen Temperaturen trennen und verfesten.

Dieſs geschieht bestimmt bei der Legirung *Sn Bi*, welche Rudberg als erstes Beispiel wählt. Er findet  $\tau = 136,4$ ; überdies hat man für das Zinn  $\tau' = 232,7$  und für das Wismuth  $\tau'' = 266,8$  wovon

$$\frac{\tau' - \tau}{\tau'' - \tau} = \frac{96,3}{130,4}, \text{ nicht sehr von } \frac{2}{3} \text{ abweichend;}$$

und da Rudberg annimmt  $\frac{m'' c''}{m' c'} = \frac{2}{3}$ , so hält er die Regel für bestätigt, aber in Wahrheit ist  $\frac{m'' c''}{m' c'} = \frac{c'' Bi}{c' Sn} = 1$  beinahe. Mithin bestätigt sich die Regel lange nicht.

Allein ich habe mich überzeugt, daß die Legirung  $\text{Sn Bi}$  nicht stabil ist. Die beiden Metalle erstarren theilweis getrennt, so daß die Legirung während einer großen Zeit teigig ist, statt einen scharfen Erstarrungspunkt zu zeigen. Um eine wahrhaft stabile Legirung mit recht scharfen Verfestigungspunkt zu erhalten, muß man  $\text{Bi}_3 \text{Sn}_4$  nehmen. Als dann ist  $\tau = 135,3$ , wie wir S. 440 gesehen; dann kommt:

$$\frac{\tau' - \tau}{\tau'' - \tau} = \frac{97,4}{131,5} = \frac{3}{4} \text{ fast, auch fast} = \frac{m''c''}{m'c'} = \frac{3c'' \text{ Bi}}{4c' \text{ Sn}}$$

oder gleich dem einfachen Verhältniß der Atomenzahlen.

Die Rudberg'sche Regel implicirt, daß man mit Einem Atom von jedem Metalle keine stabile Legirung in atomistischem Verhältniß erhalten könne. Denn nach dem von Dulong entdeckten, und von Hrn. Regnault von den ihm ungerechterweise zugeschriebenen Ausnahmen befreitem Gesetz hätte man  $m'c' = m''c''$ , woraus  $\tau' = \tau''$ ; allein man kennt nicht zwei Metalle, die gleichen Schmelzpunkt haben. Diese Folgerung scheint sich zu bestätigen, wenigstens habe ich keine mono-atomische Legirung erhalten können, die stabil gewesen wäre. Das Schnellloth  $\text{Sn Pb}$  ist es bei weitem nicht; statt einen scharfen Erstarrungspunkt zu haben, bleibt es, während eines Intervalls von 76 Graden, teigig. Nach Hinzufügung eines Atoms Zinn, sah ich das Intervall sich verringern; endlich mit 2 Atomen Zinn auf 1 Atom Blei erhielt ich einen recht scharfen Erstarrungspunkt bei  $183^\circ,7$  des Quecksilberthermometers d. h.  $182^\circ,8$  des Luftthermometers. Diefß giebt  $\frac{\tau' - \tau}{\tau'' - \tau} = \frac{49,7}{143,4}$  fast genau das Verhältniß 1 : 3 oder das Verhältniß der Atomen-Zahlen; das ist also eine zweite Bestätigung; eine dritte liefert die vorhin studirte Legirung  $\text{Bi}_3 \text{Pb}_2$ , denn man hat  $\tau = 122,4$  woraus  $\frac{\tau' - \tau}{\tau'' - \tau} = \frac{203,8}{144,4}$ , ein Verhältniß, welches wenig von  $\frac{3}{2}$  abweicht.

In erwähnter Note kann man sehen, wie Rudberg seine Regel auf ternäre Legirungen anwendet; aber diese Ausdehnung scheint mir wenig genau.

**Erläuterung zur Fig. 6. Taf. I, den Ofen zur Bestimmung der specifischen Wärme bei verschiedenen Temperaturen vorstellend. (S. 593.)**

**A** Der eigentliche Ofen, ein Cylinder von Weisblech, unten verschlossen, oben einen Deckel mit Luftkissen, und darin eine Tubulatur für ein Thermometer.

**b** Ein breiter an den Cylinder gelötheter Rand zum Halten und Verschliessen des Gefäßes *B*; er hat eine Tubulatur für ein Thermometer und zwei kleine Löcher für die Stiele des Umrührers.

Das Gefäß *B* enthält Wasser von der Temperatur, die man unterhalten will; es ruht auf drei Füßen in dem Gefäß *C*. Diefs bildet blofs eine Lufthülle, wenn man nicht über 50 bis 60° erhitzen will; will man darüber hinausgehen, so muß man etwas Wasser, 1 oder 2 Centimeter hoch, in dies Gefäß gießen.

**D** Ist ein unten offener, oben verschlossener Cylinder, der einen Mantel um *C* bildet.

**L** Eine Oellampe, fast umschlossen von einem Kasten um Luftströme zu vermeiden.

Das Brett *P* ruht auf dem Ofen und kann nach Belieben fortgenommen werden.

Man sieht, die von der Lampe gelieferte heifse Luft trifft den Boden des Gefäßes *C*, und circulirt dann, zwischen diesem und dem Mantel *D*. Das Wasser ist demnach umschlossen von zwei Hüllen heifser Luft oder heifser Luft und Dampf. Die wenige Wärme, die durch diese beiden Hüllen hin entweicht, wird, selbst in der Nähe von 100°, leicht ersetzt durch die, welche die Lampe liefert.

*IX. Beschreibung eines sich selbst registirenden Barometers, welches innerhalb 24 Stunden, alle 5 Minuten eine Beobachtung aufzeichnet;*

*von G. A. Schultze.*

Das ganze Instrument ist in Fig. 10. Taf. II. dargestellt. Es besteht aus einer Barometerröhre, deren oberer und unterer Schenkel *ab* aus einer 16<sup>mm</sup> weiten Röhre gebildet ist, wogegen die Verbindungsröhre *c* beiläufig 8<sup>mm</sup> weit und mit einer Sicherheitsröhre versehen ist, um zu verhüten, daß Luftbläschen, im Fall solche beim Transportiren eindringen, nicht in den oberen Schenkel *a* hinaufsteigen können. Auf dem Quecksilber im Schenkel *b* ruht ein Schwimmer *e*, dessen kleinere Hälfte des Gewichts, innerhalb des Quecksilbers, die größere aber sich oberhalb desselben befindet, um den Schwerpunkt des ganzen Gewichts möglichst nahe der Oberfläche des Quecksilbers zu bringen. Der Schwimmer *e* steht durch den Faden *d* mit der Rolle *f* in Verbindung, an deren Axe sich der Zeiger *g* befindet, durch welchen die Veränderungen des Barometerstandes sich im vergrößerten Maafse bemerkbar machen. Am Zeiger *g* ist bei *h* ein Bleistift befestigt, mittelst dessen die Beobachtungen, in Form länglicher Punkte, sich auf der Scale verzeichnen. Das Zeichnen der Punkte geschieht durch den Hebel *i*, welcher durch die Uhr *k* alle 5 Minuten gegen das Blei gedrückt wird, und dieses wiederum gegen die Scale drückt.

Da die Aenderungen im Barometer nach rechts und links geschehen, so sind die Linien durch vertical laufende Striche auf der Scale bemerkt, wogegen die horizontalen bogenförmigen Striche, die einzelnen Stunden bezeichnen. Die Platte *l*, worauf die Papier-Scale, durch die mit 1—8 bezeichnete Federn festgehalten wird, bewegt sich innerhalb 24 Stunden, vermittelt der Uhr, von oben nach unten, wodurch innerhalb 1 Stunde 12 Beobachtungen aufgezeichnet werden. Es wird demnach leicht seyn, sich von den

Barometerständen eines Tages, welche in Zwischenräumen von 5 Minuten stattfanden, genau zu überzeugen. Auf der Scale Fig. 10 ist eine hier im November 1848 mit dem Instrument gemachte Beobachtung bemerkt.

Es ist von größter Wichtigkeit, von jeder Barometer-Beobachtung die gewesene Temperatur zu wissen, um die Beobachtung auf  $0^{\circ}$  reduciren zu können; um dieß zu vermeiden, ist an dem Instrument die Vorrichtung getroffen, daß jede Beobachtung so gezeichnet wird, als ob solche, bei einer Temperatur von  $0^{\circ}$  geschehen wäre.

Diese Vorrichtung besteht darin, daß die Rolle *f*, worüber der Faden *d* geht, aus zwei sich verschieden ausdehnenden Metallen besteht; sie ist aus doppelten Gründen höchst nothwendig 1) um die Correction der Temperatur vermeiden zu können, 2) weil der Einfluß der Temperatur bei dem Instrumente im entgegengesetzten Sinne wirken würde, als bei einem gewöhnlichen Barometer; denn, bei Beobachtungen mittelst gewöhnlicher Barometer, ist der Stand um  $x$  Theile zu hoch, wenn die Beobachtung bei erhöhter Temperatur geschah, bei diesem Instrument aber wird durch die Ausdehnung des Quecksilbers der Schwimmer gehoben und dadurch ein niederer Stand gezeichnet werden. Da nun aber die Rolle aus zwei Metallen besteht: so ist die Einrichtung der Art getroffen, daß durch die Temperatur, die Rolle genau um so viel größer, als der Schwimmer durch das Erheben des Quecksilbers, vermittelt der Einwirkung der Temperatur, hinaufgedrückt wird.

Das Instrument kann auch noch der Art verändert werden, daß das im Instrument stehende Rohr, zugleich als Normal-Barometer verwendet wird; es braucht das Ganze nur mit der hierzu nöthigen Fassung versehen zu werden, wodurch noch der Vortheil erwächst, daß man in Verbindung mit dem Instrument zugleich ein Normal-Barometer besitzt. Bei der großen Ausdehnung jeder einzelnen Linie ist es nicht möglich, der Platte *l* eine solche Breite zu geben, daß alle Aenderungen des Barometerstandes darauf verzeichnet werden können; weshalb es nöthig ist ein Nor-

mal-Barometer nebenbei oder in Verbindung mit dem Instrument zu besitzen, um es vor der zu machenden Beobachtung durch die Schraube *m* einstellen zu können.

Berlin im Januar 1849.

**X. Ein Mittel, die Schwierigkeiten des Studiums der Katoptrik und Dioptrik zu erleichtern;  
von Schellbach.**

**U**m eine klare Einsicht in die Wirkungsweise der einfachsten optischen Instrumente zu erlangen, bedarf man hauptsächlich einer genauen Kenntniß der sogenannten kautistischen Linien und Flächen, welche einem leuchtenden Punkte entsprechen, dessen Strahlen von einem solchen Werkzeuge aufgenommen werden. Die Brennnlinien und Brennoflächen der sphärischen Spiegel sind fast die einzigen, deren Gleichungen sich durch die bekannten Methoden der analytischen Geometrie entwickeln lassen; aber schon die Brennoflächen der einfachsten sphärischen Linsen entziehen sich einer erschöpfenden mathematischen Behandlung gänzlich. Wenn indessen auch die verlangten Gleichungen gefunden wären, so würde es dann immer noch ziemlich schwierig seyn, aus ihnen die Form dieser Flächen und Linien deutlich zu erkennen. Die erwähnten Schwierigkeiten sind dann in der That auch so groß gewesen, daß es bis jetzt nur einer sehr geringen Zahl von Physikern möglich war, sich eine völlig deutliche Vorstellung von der Wirkungsweise der Elemente eines optischen Instruments zu verschaffen. Ich selbst hatte schon längst bei meinen Vorträgen über Optik, mit vielem Erfolge einzelne Zeichnungen benutzt, welche den Weg der Strahlen, die von einem Hohlspiegel zurückgeworfen werden, anschaulich machten; indessen waren diese Bilder ohne allen künstlerischen

Werth. Vor mehreren Jahren hatte ich aber das Glück, einen sehr geschickten Künstler, Hrn. Zeichenlehrer Engel, kennen zu lernen, welcher, auf meinen Wunsch, für das hiesige Friedrich-Wilhelms-Gymnasium, eine Reihe optischer Zeichnungen ausführte, die durch ihre Schönheit und mathematische Schärfe die allgemeine Bewunderung meiner wissenschaftlichen Freunde erregten, und, nach ihrem einstimmigen Urtheile, wesentlich dazu beitragen würden, das Studium der Optik zu erleichtern, wenn ihnen eine allgemeinere Verbreitung gegeben werden könnte. Durch diesen Beifall und die günstigen Wirkungen unserer Arbeit, die ich selbst in meinen Lehrstunden beobachten konnte, auf das Lebhafteste angeregt, haben wir uns entschlossen, ein optisches Zeichenwerk herauszugeben, welches bereits in 21 Platten die Wirkung der ebenen und späratischen Spiegel, der einfachen und achromatischen Prismen, der verschiedenen Arten von Linsen und ihrer Zusammensetzung und auch den Regenbogen ausführlich behandelt <sup>1)</sup>).

Um möglichst vielen, die sich für Optik interessieren, eine Vorstellung von diesem Werke zu geben, haben wir diesen so allgemein und weit verbreiteten Annalen die achte Tafel unseres Werkes beigegeben und zugleich den Text mit abdrucken lassen, welcher zur Erklärung dieser Zeichnungen bestimmt ist.

#### Erklärung der beigelegten Tafel VIII.

Das Dreieck *DEF* der Fig. 1 stellt den Durchschnitt der Ebene des Papiers mit einem geraden dreiseitigen Glasprisma vor, dessen Seitenflächen auf dieser Ebene senk-

- 1) Das Werk, welches bereitwillig und kräftig von unserem Ministerium der geistlichen Angelegenheiten unterstützt worden ist, wird in drei Hefen, jedes Heft zu 7 Platten, noch im Laufe dieses Jahres erscheinen. Der Preis jedes Hefes beträgt 2 Thlr. 20 Sgr. Das erste Heft mit dem zugehörigen Texte, ist bereits erschienen und kann entweder von Hrn. Zeichenlehrer Engel, Kochstrasse No. 64, oder von mir selbst, Friedrichstrasse No. 41, bezogen werden. Später werden wir in öffentlichen Blättern bekannt machen, von welchen anderen Orten unser Werk ebenfalls zu erhalten ist.

recht stehen. Vom leuchtenden Punkte  $c$  fällt ein Strahlenbüschel  $cDv$  auf die Seite  $DE$  dieses Querschnitts des Prismas und erleidet, indem es in die Glasmasse eindringt, eine Brechung. In der Zeichnung ist der Brechungsexponent des Glases als 1,5 angenommen worden. Die gebrochenen Strahlen würden, wenn man sie rückwärts in ihr früheres Medium verlängerte, dort eine Brennlinie bilden, wie aus der Erklärung der Tafel I. bekannt ist. Diese Strahlen erfahren nun an der Seite  $DF$  des Prismas eine zweite Brechung; aber nur diejenigen, welche zwischen  $D$  und  $l$  einfallen, können aus dem Glase in die Luft treten; die übrigen, welche das Prisma zwischen  $l$  und  $F$  treffen, erleiden die sogenannte totale Reflexion, wie ebenfalls aus den zur Tafel I. gegebenen Erklärungen erhellt. Die aus der Linie  $DI$  austretenden Strahlen sind nach ihrer Brechung rückwärts verlängert worden, und haben auf diese Weise die Brennlinie  $Cil$  gebildet.

Verfolgt man den Weg zwei nächster Strahlen, wie  $cefg$  und  $ce'f'g'$ , so findet man ihren gegenseitigen Durchschnitt nach der zweiten Brechung, die sie bei  $ff'$  erfahren, auf der Brennlinie in  $i$ . Hier würde also ein Auge, welches den Strahlenbüschel  $fgf'g'$  bei  $gg'$  aufnimmt, den leuchtenden Punkt  $c$  erblicken. Die Linie  $rcsu$  giebt die Richtung des auf  $DE$  senkrechten Strahles an, der also  $DE$  ungebrochen durchdringt und erst bei  $s$  eine Brechung erfährt. Der Strahl  $ckl$  theilt das ganze Strahlenbündel in zwei Theile, von denen nur der eine zwischen  $D$  und  $l$  in die Luft austritt, der andere aber, der zwischen  $l$  und  $F$  einfällt, durch die totale Reflexion in das Prisma zurückzukehren gezwungen wird, und erst an der Seite  $FE$ , zwischen  $F$  und  $m$ , nach Aufsen gelangen kann. Zwei nächste dieser austretenden Strahlen, wie etwa  $mn$  und  $m'n'$  rückwärts verlängert, bilden ebenfalls, durch ihr Zusammentreffen, eine Brennlinie, die  $pC'$  darstellt. Die Zeichnung giebt noch die Brennlinien  $A$  und  $B$  im Umriss an, welche den Strahlenbündeln  $aDx$  und  $bDy$  angehören, die von den Punkten  $a$  und  $b$  ausgehen. Ebenso bezeichnen  $A'$  und

und  $B'$  die Brennnlinien, welche den vollständig reflektirten Theilen dieser Strahlenbündel entsprechen, die auf der Seite  $EF$  des Prismas austreten. Dem Punkte  $c$  entspricht freilich in der Wirklichkeit nicht eine Brennnlinie, sondern eine Brennfläche sehr verwickelter Art, von welcher die Zeichnung nur einen Durchschnitt darstellt, den eine durch den leuchtenden Punkt gelegte Ebene mit ihr bildet, welche auf den Seitenflächen des Prismas senkrecht steht.

In der Fig. 2 ist nun diese Construction zur Erklärung der Bilder benutzt, welche ein Prisma  $DEF$  von dem Objecte  $abc$  zeigt. Die Zeichnung giebt nur die Brennnlinien an, welche den beiden äußersten und dem mittelsten Punkte des Gegenstandes angehören. Bekanntlich wird aber jeder Strahl, wenn er eine Brechung erfährt, in eine unzählige Menge von Strahlen zerlegt, von denen die rothen am wenigsten und die violetten am stärksten brechbar sind. Der Strahlenbüschel, welcher von  $c$  aus auf das Prisma fällt, wird also nach der Brechung in unzählige viele, verschiedenen farbige Strahlenbüschel zerlegt, und jedem dieser Büschel entspricht eine besondere Brennnlinie. Die Zeichnung stellt in den Linien  $A, C, B$  die beiden äußersten dieser Brennnlinien dar, und zwar in den starken Linien die den äußersten violetten Strahlen entsprechenden und in den schwächeren, welche rechts neben den starken hinlaufen, die den rothen angehörigen.

Für die rothen Strahlen ist das Brechungsverhältniß 1,50 benutzt worden und für die violetten 1,53. Die durch die Spitze  $D$  des Prismas gezogenen sechs Linien bilden die Asymptoten der sechs angegebenen Brennnlinien. Der Strahl  $cd$  wird, wenn er in das Prisma eindringt, in verschiedenfarbige Strahlen zerlegt, von denen nur der violette  $di$  in der Zeichnung angegeben ist. Dieser violette Strahl tritt nun unverändert in  $i$  wieder in die Luft und gelangt so in das Auge  $A_1$ . Von dem Strahle  $cf$  ist aber in der Figur nur der rothe Theil  $fk$  beibehalten worden, der, nach seiner zweiten Brechung, ebenfalls unverändert vom Auge  $A_1$  aufgenommen wird. Die Linien  $ia_1$  und  $ka_1$  können

als die Axen von kleinen Strahlenkegeln angesehen werden, deren Spitzen in den Punkten  $c'$  und  $c$  liegen. Hier erscheinen nun auch dem Auge  $A_1$  zwei gefärbte Bilder des Punktes  $c$ , nämlich ein violettes in  $c'$  und ein rothes in  $c$ . Dies sind aber nur die beiden äußersten Bilder des Punktes  $c$ , welche das Auge beobachten könnte; zwischen beiden würde noch eine unzählige Menge nach der bekannten Abstufung gefärbter Bilder erscheinen. Auf ähnliche Weise zeigen sich in  $a'a$ , und  $b'b$ , die Bilder der Punkte  $a$  und  $b$ . Man übersieht nun leicht, wie von dem Pfeile  $acb$  dem Auge  $A_1$  in  $a'c'b'$  ein violettes und in  $a,c,b$ , ein rothes Bild erscheint. Zwischen beiden liegt eine unzählige Menge anders gefärbter Bilder, welche den übrigen in Farben zerstreuten Strahlen ihren Ursprung verdanken. In der Mitte decken sich alle diese farbigen Bilder und geben, nach den bekannten Gesetzen, ein farbloses Bild, welches aber bei  $a'$  und  $b$ , von farbigen Rändern umsäumt ist, die sich bei  $a'$  aus dem Violetten ins Weiße  $a$ , verlieren und von  $b$ , bis  $b'$  aus dem Rothen ins Weiße übergehen. Ein eben solches an den Rändern gefärbtes Bild des Objectes erblickt das Auge  $A_2$  innerhalb des Prismas. Dafs man durch ein Prisma nicht so unklare Bilder beobachtet, als nach dieser Darstellung vermuthet werden könnte, da doch jeder Punkt unzählig viele Bilder liefert, beruht darauf, dafs alle diese Bilder sehr nahe zusammen fallen, und nicht ein einzelner Strahl, sondern erst ein ganzer Strahlenbüschel ein Bild erzeugen kann. Von dem Strahle  $ch$  ist in der Figur nach der Brechung nur der violette Theil  $hm$  beibehalten worden. Dieser Strahl erleidet aber bei  $m$  die totale Reflexion, gelangt so nach  $n$  und von da, durch eine zweite Brechung, zum Auge  $A_3$ . Von dem Strahle  $cg$  giebt dagegen die Zeichnung nur den rothen Theil  $gl$  an, der ebenfalls total nach  $o$  reflectirt und dann nach dem Auge  $A_3$  gebrochen wird. Man sieht nun nach dem Vorgehenden leicht, wie auf der Brennpunctlinie  $C'$  dem Auge  $A_3$  in  $c''$  und  $c$ , ein violettes und ein rothes Bild des Punktes  $c$  erscheinen mufs und wie es überhaupt von dem

Pfeile  $acb$  in  $a''c''b''$  ein violettes und in  $a_3c_3b_3$  ein rothes Bild erblicken muß, die dann, auf die bekannte Weise, zu einem einzigen farbig umsäumten Bilde verschmelzen.

Berlin d. 15. April.

**XI. Messung der Brechungsindexe von durchsichtigen Platten und Flüssigkeiten mittelst des gewöhnlichen Mikroskops; von Hrn. A. Bertin.**

(*Compt. rend. T. XXVIII, p. 447.*)

Der Duc de Chaulnes und Sir D. Brewster haben zur Messung der Brechungsindexe mittelst des Mikroskops zwei Methoden vorgeschlagen; allein sie setzen voraus, das Instrument sey mit einer Mikrometerschraube versehen, welche die Verschiebungen desselben genau messen lasse. Diese Messung kann man durch die Beobachtung der Vergrößerungen ersetzen.

Bei festem Objectiv und beweglichem Ocular messe man die drei Vergrößerungen  $G, \gamma, g$  eines Mikrometers, wenn dasselbe erstlich auf der Platte liegt, dann darunter, und endlich, wenn die Platte fortgenommen ist. Die Brechung dieses Glases ist denn gegeben durch die Formel:

$$n = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{G - g}{G - \gamma}.$$

Ist die Platte sehr dick, so thut man besser, sie mit einer anderen Platte von bekannter Dicke und bekanntem Index zu vergleichen; alsdann hat man:

$$\frac{e \left(1 - \frac{1}{n}\right)}{e' \left(1 - \frac{1}{n'}\right)} = \frac{\frac{1}{g} - \frac{1}{\gamma}}{\frac{1}{g} - \frac{1}{\gamma'}}$$

Der mögliche Fehler beträgt höchstens eine Einheit der zweiten Decimale. Die beiden Methoden lassen sich leicht auf Flüssigkeit anwenden.

Wenn man bei den Versuchen des Hrn. Brewster, bei denen das Ocular fest und das Objectiv verschiebbar ist, die drei Vergrößerungen  $g$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma'$  des Mikrometers bestimmt, für den Fall, daß der Meniskus zwischen dem Objectiv und einem dünnen tangirenden Glase erstlich leer, dann mit einer Flüssigkeit vom Index  $n$  gefüllt, und endlich voll Wasser vom Index  $n'$  ist, so würde man haben

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{g-\gamma}{g-\gamma'}.$$

Um die Brechungsindexe von Flüssigkeiten nach dem Brewster'schen Verfahren zu bestimmen, haben die HH. E. Becquerel und Cahours eine ähnliche Formel angewandt.

## XII. *Neue empirische Formel für die Spannkraft des Wasserdampfs.*

In Silliman's Journ. Sept. 1848 und daraus im *Philosoph. Magazine* (1849) Vol. XXXIV. p. 1 u. 98 giebt Hr. I. H. Alexander nachstehende Formel für die Spannkraft des Wasserdampfs für den Fall, daß sie in engl. Zollen Quecksilber ( $p$ ) oder in Atmosphären bei  $32^\circ$  ( $p'$ ) ausgedrückt ist, und die Temperatur mit dem Fahrenheit'schen Thermometer gemessen wird:

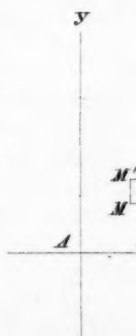
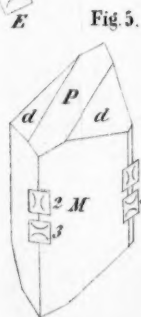
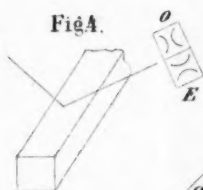
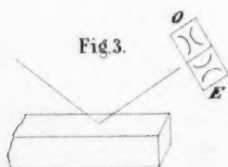
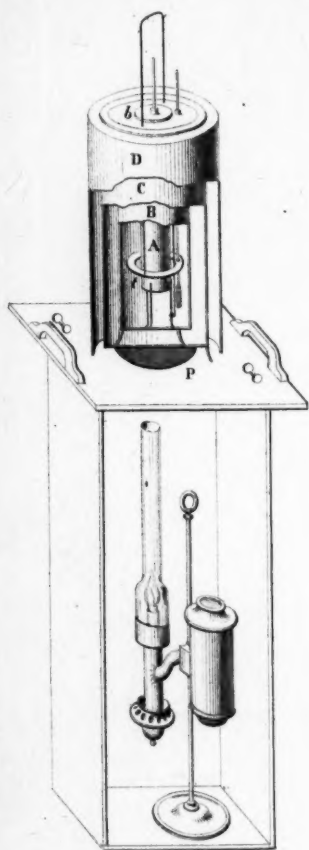
$$t^\circ = 180 \sqrt[6]{p} - 105^\circ,13$$

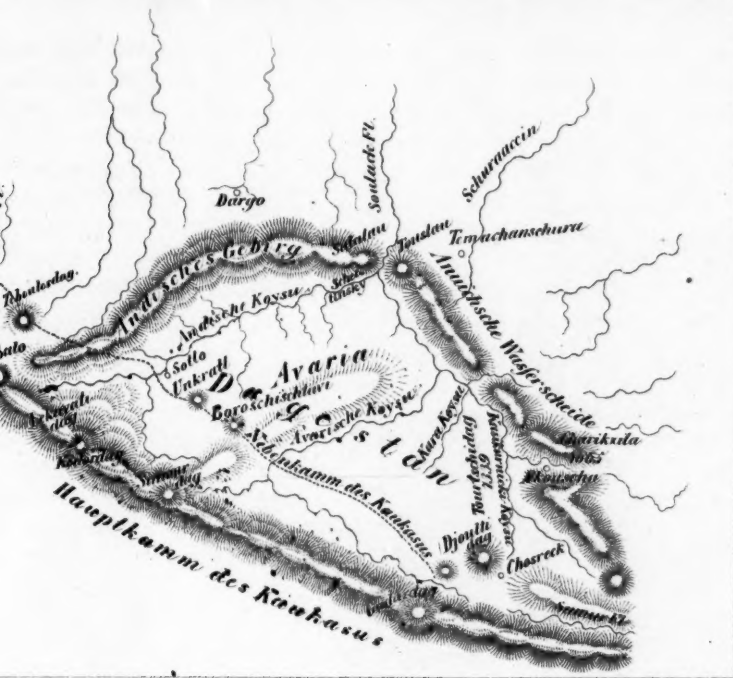
oder

$$t^\circ = 317,13 \sqrt[6]{p'} - 105^\circ,13.$$

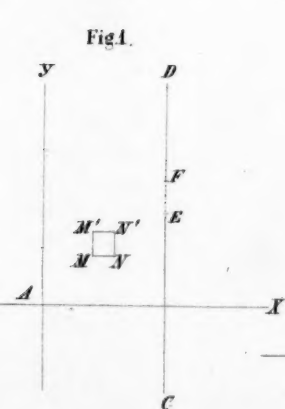
Die Abweichungen von den beobachteten Resultaten sind indeß nicht unbeträchtlich, besonders bei den Regnault'schen; besser stimmt die Formel mit den Versuchen des Franklin Institute und denen Dulong's.



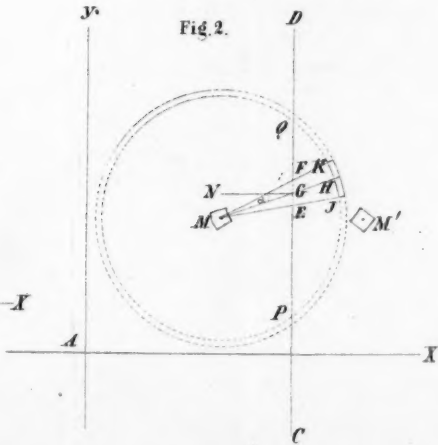


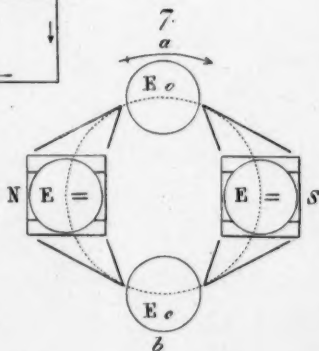
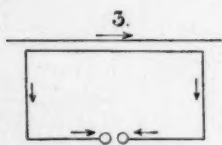
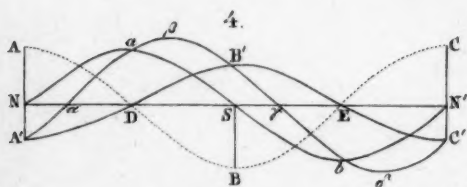
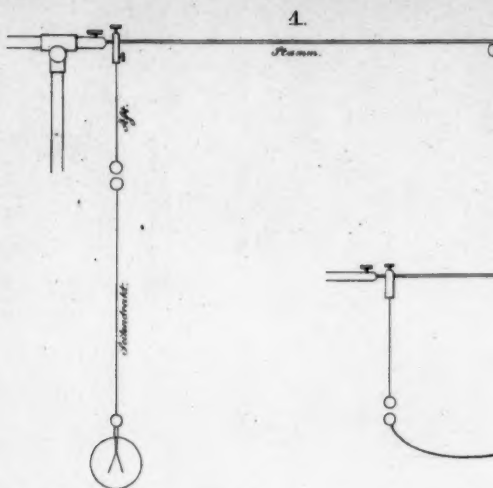


**Fig.1.**

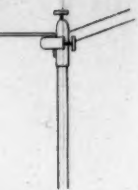


**Fig. 2.**

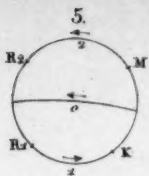




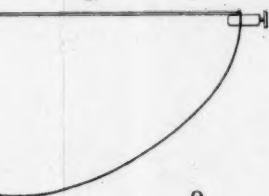
Guinand sc.



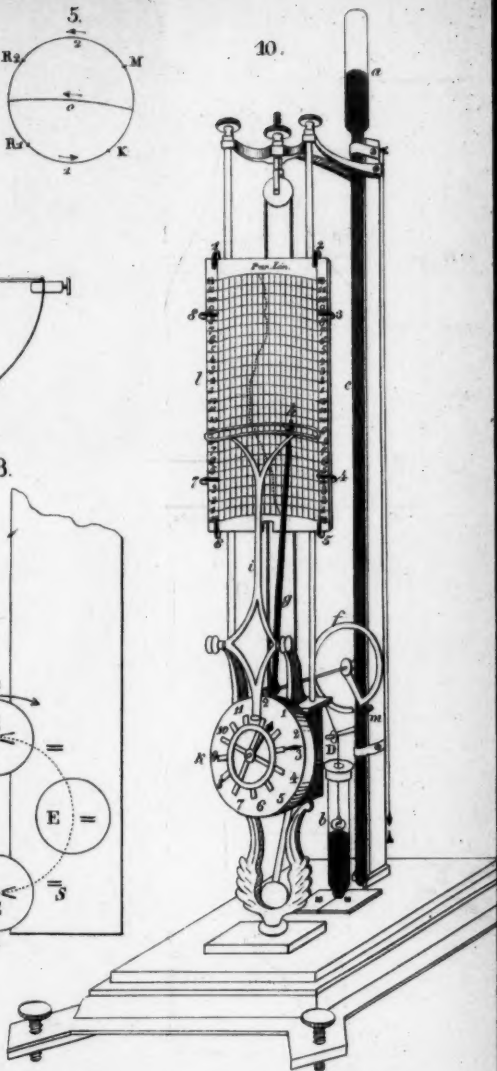
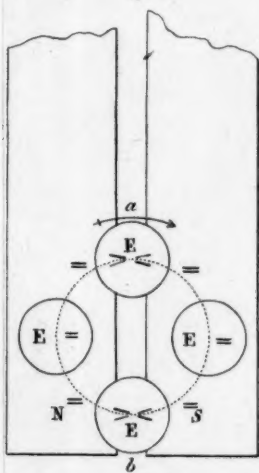
2.

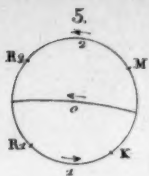


10.

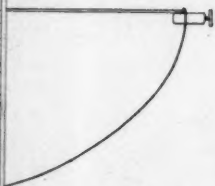


8.

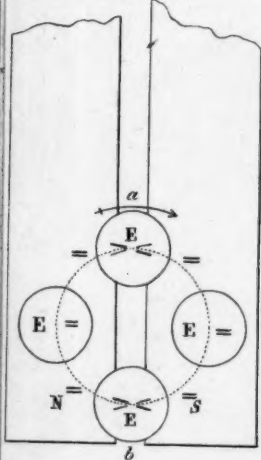




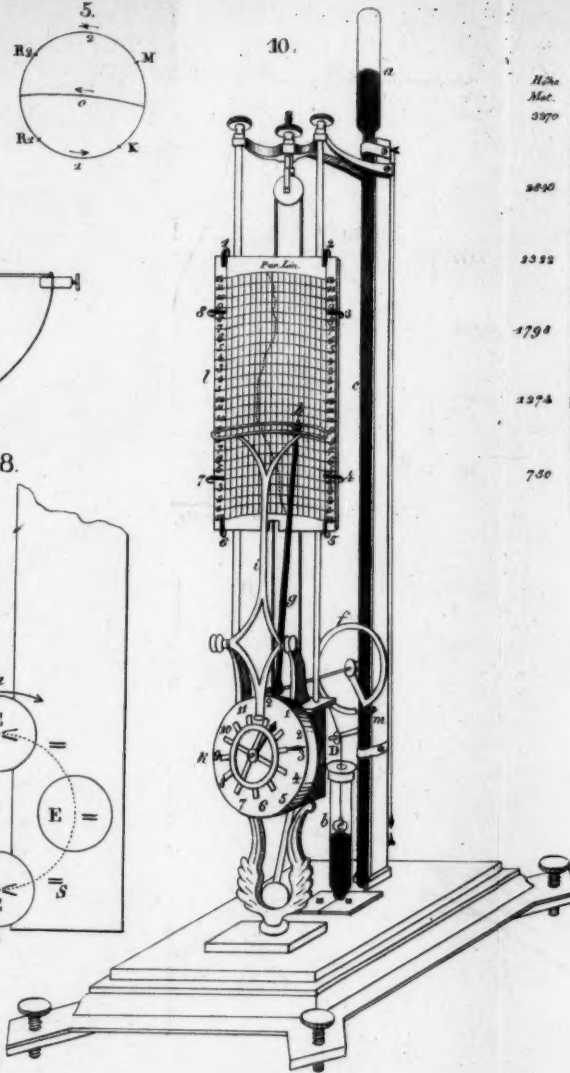
2.



8.



10.



H24  
Mat.  
3370

2890

3312

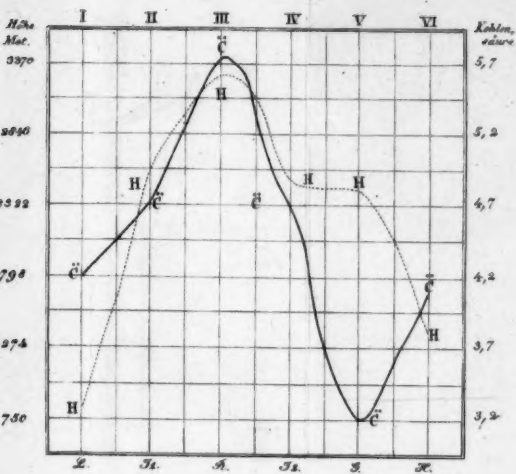
1798

1274

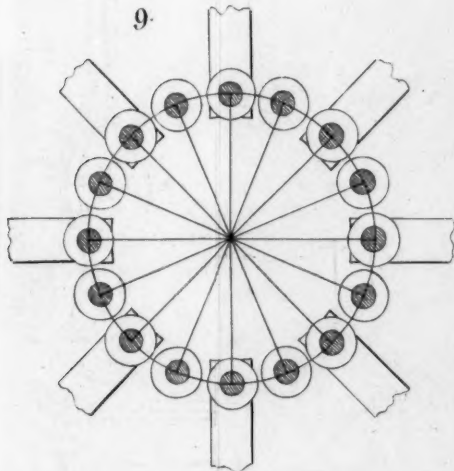
750

6.

Taf. II.

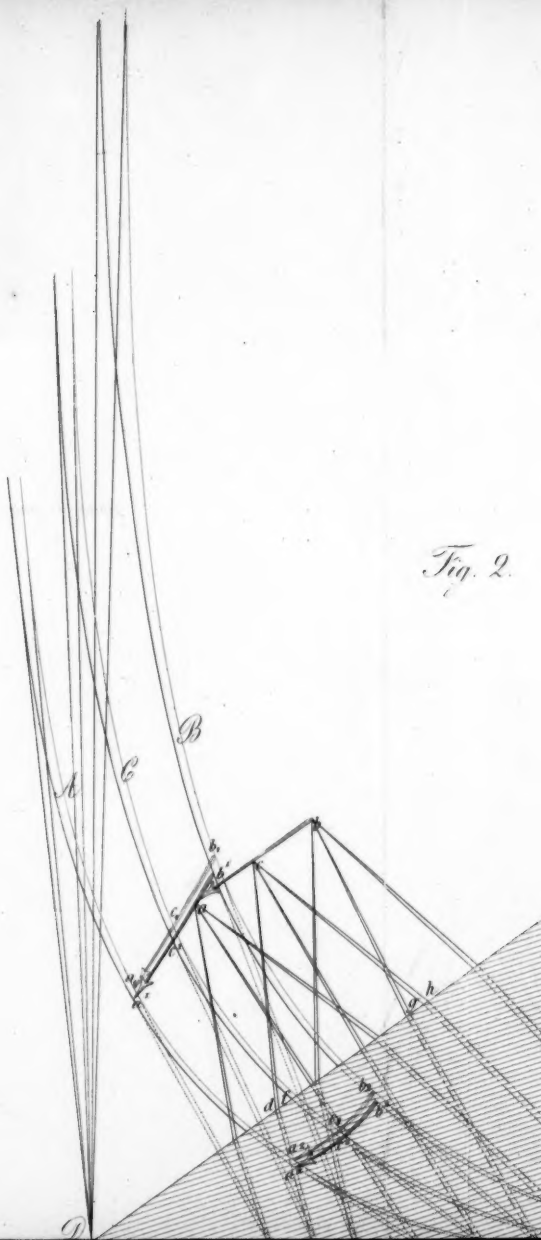


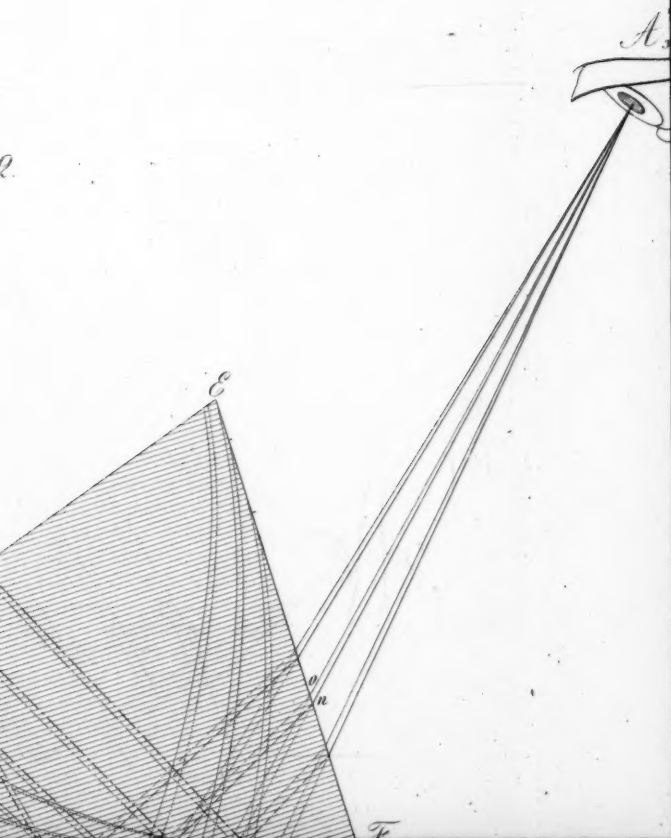
9.



Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 76 St. 4.

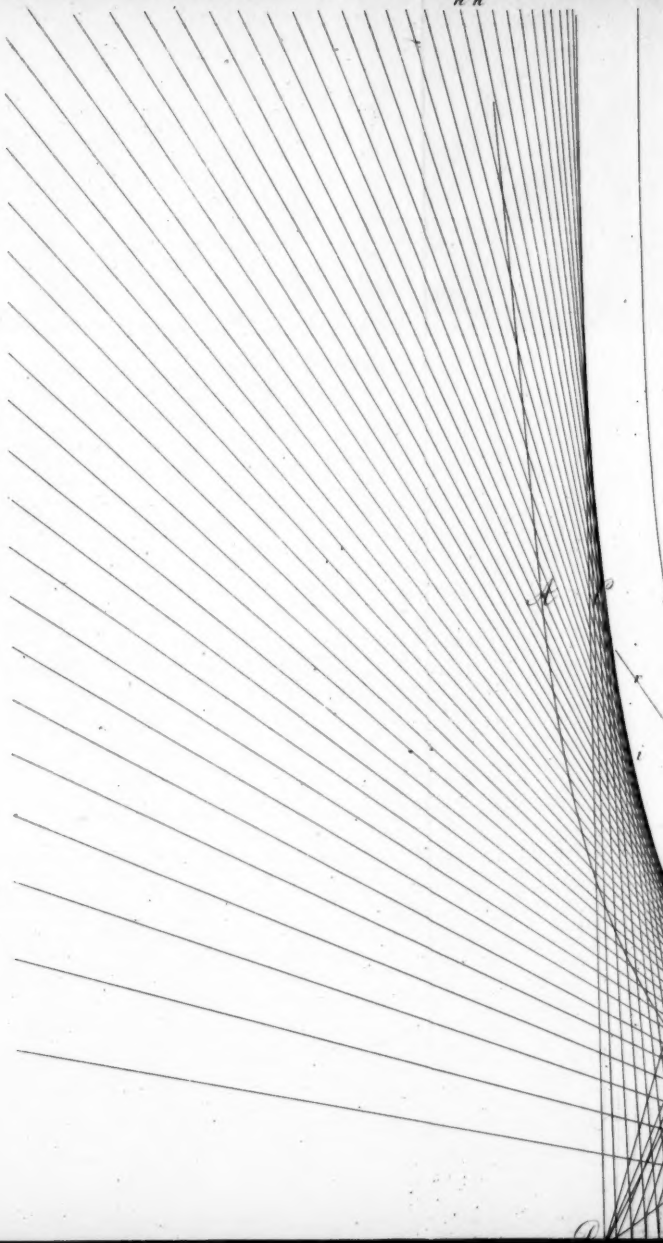
Fig. 2.



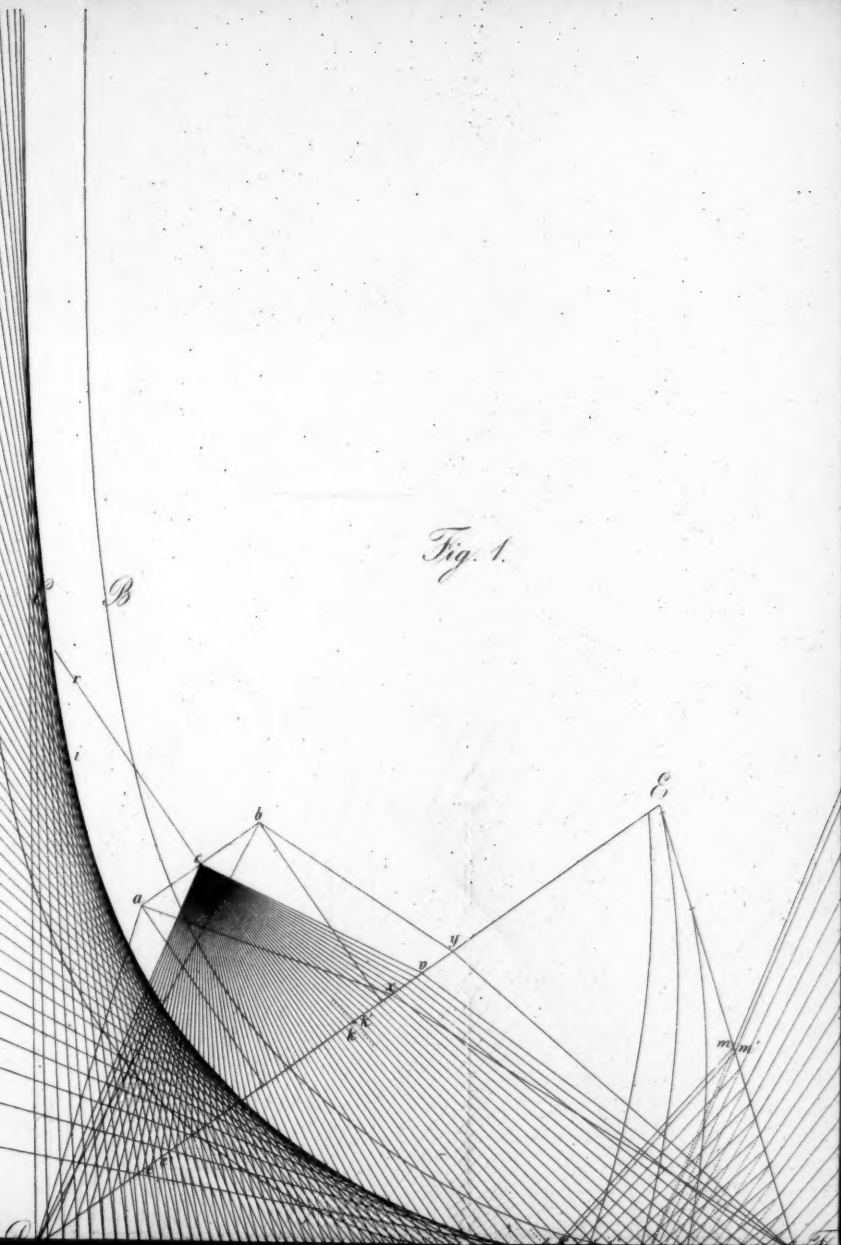


h' h

A<sub>s</sub>



*Fig. 1.*



h'h

Fig. 1.

